

Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1945.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

*La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

*La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

Cliquer [ici pour accéder aux tarifs et à la licence](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

*des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

*des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisation@bnf.fr.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DÉS SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

120800

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS
HEBDOMADAIRES
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

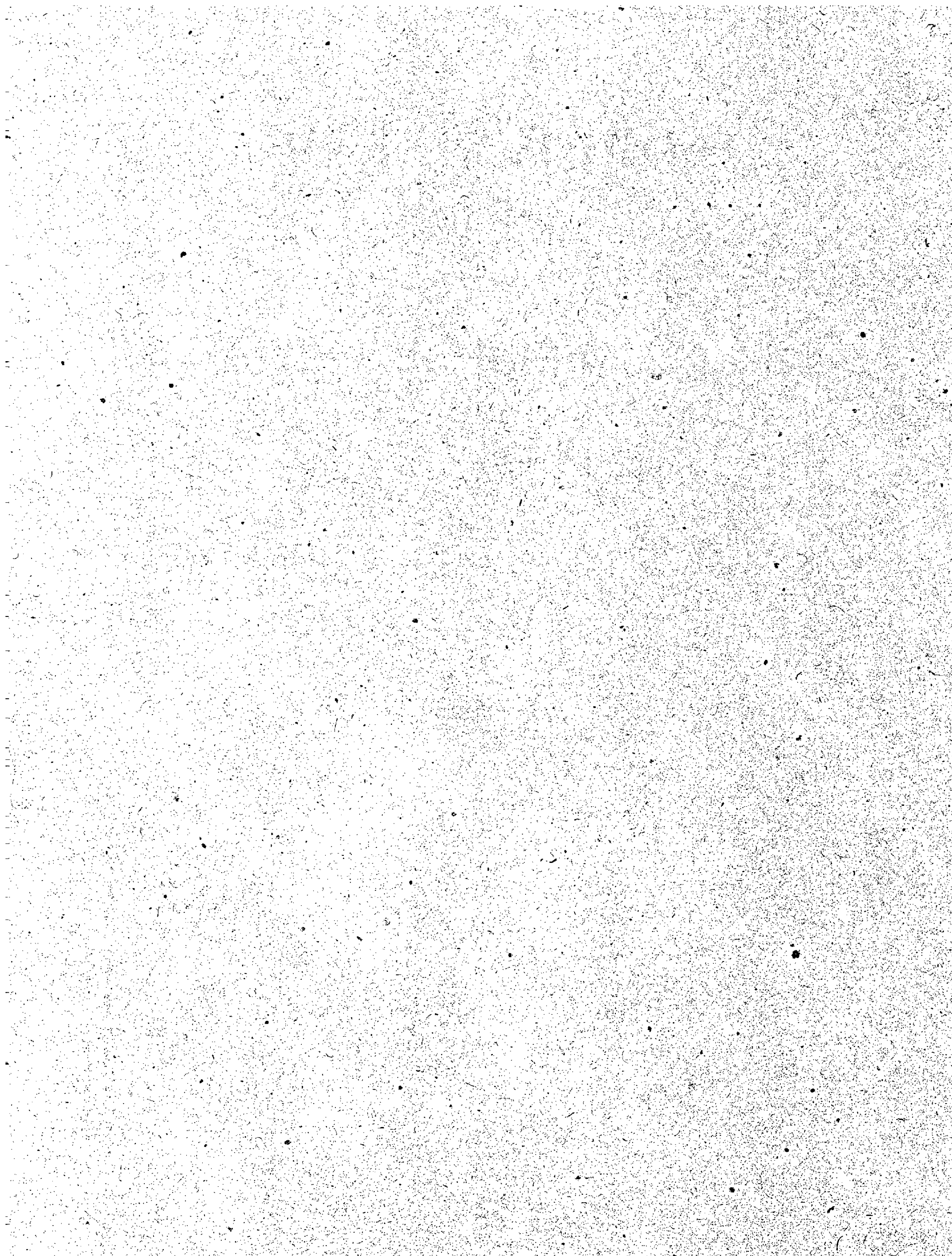
PUBLIÉS,
CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE
EN DATE DU 13 JUILLET 1835,
PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENT-VINGTIÈME.

JANVIER — JUIN 1945.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1945



ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1^{er} JANVIER 1945

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION I^{re}. — *Géométrie.*

MM.

HADAMARD (*Jacques-Salomon*), C. *.
BOREL (*Félix-Edouard-Justin-Émile*), C. *, $\bar{\mathbb{F}}$.
CARTAN (*Élie-Joseph*), C. *.
JULIA (*Gaston-Maurice*), C. *, $\bar{\mathbb{F}}$.
MONTÉL (*Paul-Antoine*), O. *.
DENJOY (*Arnaud*), O. *.

SECTION II. — *Mécanique.*

DRACH (*Jules*), O. *,
VILLAT (*Henri-René-Pierre*), O. *.
CAQUOT (*Albert-Irénée*), G. O. *, $\bar{\mathbb{F}}$.
PÉRÈS (*Joseph-Jean-Camille*), *.
VESSIOT (*Ernest-Paulin-Joseph*), C. *.
.....



SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri-Alexandre*), C. *.
ESCLANGON (*Ernest-Benjamin*), O. *.
MAURAIN (*Charles*), C. *.
FAYET (*Gaston-Jules*), *.
CHAZY (*Jean-François*), *, $\bar{\mathbb{F}}$.
LYOT (*Bernard-Ferdinand*).

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*


BOURGEOIS (*Joseph-Émile-Robert*), G. C. *, $\bar{\mathbb{F}}$.
PERRIER (*Antoine-François-Jacques-Justin-Georges*), G. O. *, $\bar{\mathbb{F}}$.
TILHO (*Jean-Auguste-Marie*), G. O. *, $\bar{\mathbb{F}}$.

MM.

DURAND-VIEL (*Georges-Edmond-Just*), G. C. **, , .BARRILLON (*Émile-Georges*), C. *.MARTONNE (*Emmanuel-Louis-Eugène DE*), O. *.SECTION V. — *Physique générale.*BRILLOUIN (*Louis-Marcel*), O. *.COTTON (*Aimé-Auguste*), C. *.FABRY (*Marie-Paul-Auguste-Charles*), C. *.LANGEVIN (*Paul*), G. O. *.JOLIOU (*Frédéric*), O. *.

.....

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*BERTRAND (*Gabriel-Émile*), C. *.DELÉPINE (*Stéphane-Marcel*), O. *.LESPIEAU (*Pierre-Léon-Robert*), O. *.LEBEAU (*Paul-Marie-Alfred*), O. *.TIFFENEAU (*Marc-Émile-Pierre-Adolphe*), O. *.JOLIBOIS (*Médard-Pierre*), O. *, .SECTION VII. — *Minéralogie.*JACOB (*Charles-François-Étienne*), O. *, .MAUGUIN (*Charles-Victor*), O. *.GRANDJEAN (*François-Alfred*), O. *.MARGERIE (*Emmanuel-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE*), O. *.

.....

.....

SECTION VIII. — *Botanique.*DANGEARD (*Pierre-Augustin-Clément*), O. *.BLARINGHEM (*Louis-Florimond*), O. *.GUILLIERMOND (*Marie-Antoine-Alexandre*), *.CHEVALIER (*Auguste-Jean-Baptiste*), C. *.SOUÈGES (*Étienne-Charles-René*).

.....

SECTION IX. — Économie rurale.

MM.

LECLAINCHE (Auguste-Louis-Emmanuel), G. O. *.
 LAPICQUE (Louis-Édouard), C. *, *.
 FOSSE (Richard-Jules), *.
 SCHRIBAU (Pierre-Émile-Laurent), C. *.
 MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. *.
 JAVILLIER (Jean-Maurice), O. *, *.

SECTION X. — Anatomie et Zoologie.

CAULLERY (Maurice-Jules-Gaston-Corneille), C. *.
 PÉREZ (Charles), O. *.
 ROUBAUD (Émile-Charles-Camille), O. *.
 WINTREBERT (Paul-Marie-Joseph), *.
 FAGE (Baptiste-Louis), *.
 COURRIER (Marie-Jules-Constant-Robert), *, *.

SECTION XI. — Médecine et Chirurgie.

VINCENT (Jean-Hyacinthe), G. C. *.
 PORTIER (Paul), O. *.
 BINET (Léon-René), O. *.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (Louis-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), O. *, pour les Sciences mathématiques.
 LACROIX (François-Antoine-Alfred), G. O. *, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-Maurice, duc DE), O. *.
 GRAMONT (Armand-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. *.
 MARTIN (Louis), G. C. *.
 GUTTON (Antoine-Marie-Camille), C. *.
 DUCLAU (Jacques-Eugène), *, *.
 ROUSSY (Gustave), C. *.

MM.

JOLLY (*Justin-Marie-Jules*), O. *.PÉRARD (*Albert-Gustave-Léon*), O. *, $\bar{\bar{F}}$.RAMON (*Gaston-Léon*), C. *.HACKSPILL (*Louis-Jean-Henri*), *, $\bar{\bar{F}}$.**MEMBRES NON RÉSIDANTS.**CUÉNOT (*Lucien-Claude-Jules-Marie*), O. *, à Nancy.CAMICHEL (*Charles-Moïse*), O. *, au Cap Dorat, par Lavalur (Tarn).PICART (*Théophile-Luc*), O. *, à Floirac (Gironde).SERGENT (*Étienne-Louis-Marie-Edmond*), C. *, $\bar{\bar{F}}$, à Alger.COTTON (*Émile-Clément*), *, à Grenoble.**APPLICATIONS DE LA SCIENCE
À L'INDUSTRIE.**CHARPY (*Augustin-Georges-Albert*), O. *, à Paris.LUMIÈRE (*Louis-Jean*), G. C. *, à Bandol (Var).GUILLET (*Léon-Alexandre*), G. O. *, à Paris.ESNAULT-PELTERIE (*Robert-Albert-Charles*), O. *, à Boulogne-sur-Seine.PORTEVIN (*Albert-Marcél-Germain-René*), O. *, à Paris.**ASSOCIÉS ÉTRANGERS.**

MM.

BORDET (*Jules-Jean-Baptiste-Vincent*), G. C. *, à Bruxelles.WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).FLEXNER (*Simon*), C. *, à New York.MORGAN (*Thomas-Hunt*), à Pasadena (Californie).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION I^{re}. — Géométrie (10).

LA VALLÉE POUSSIN (*Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE*), O. *, à Louvain.

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.

NÖRLUND (*Niels Erik*), C. *, à Copenhague.

BERNSTEIN (*Serge*), à Leningrad.

CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.

DULAC (*Henri-Claudius-Rosario*), *, à Lyon.

.....

SECTION II. — Mécanique (10).

ROY (*Louis-Maurice*), *, à Toulouse.

HAAG (*Jules*), *, à Besançon.

THIRY (*René-Paul-Eugène*), *, à Marseille.

RIABOUCHINSKY (*Dimitri Pavlovitch*), à Paris.

THULOUP (*Émile-Adrien-Albert*), O. *, à Grasse (Alpes-Maritimes).

BOULIGAND (*Georges-Louis*), *, à Paris.

ROY (*Paul-Mary-Ferdinand-Maurice*), *, à Paris.

TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).

LÉRAY (*Jean*), prisonnier de guerre en Allemagne.

.....

SECTION III. — Astronomie (10).

ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).

BOSLER (*Jean*), *, à Marseille.

BERGSTRAND (*Carl Osten Emanuel*), à Uppsala.

MM.

HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).

.....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).HEDIN (*Seen Anders*), à Stockholm.RICHARD (*Jules*), O. *, à Monaco.VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE*), C. *, à Monaco.VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).POISSON (*Victor-Marie-Augustin-Charles*), *, à Tananarive.KOCH (*Lauge*), O. *, à Copenhague.LEJAY (*Pierre*), à Francheville (Rhône).MARGUET (*Frédéric-Philippe*), C. *, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).

.....

SECTION V. — *Physique générale* (10).MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).TOWNSEND (*John Sealy*), *, à Oxford.CABRERA (*Blas Juan Jose Secundino*), à Madrid.CABANNES (*Jean*), *, à Paris.BOHR (*Niels Henrik David*), O. *, à Copenhague.HAAS (*Wander Johannes DE*), O. *, à Leyde (Pays-Bas).HULUBEI (*Horia*), O. *, à Bucarest.REBOUL (*Georges-Scipion-Antoine*), *, à Montpellier.

.....

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).RECOURA (*Albert*), O. *, à Grenoble.PASCAL (*Paul-Victor-Henri*), *, à Paris.HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), *, à Bloemendaal (Pays-Bas).

MM.

NICLOUX (*Maurice*), O. *, à Marseille.
 DENIGÈS (*Georges-Noël-Fort*), O. *, à Bordeaux.
 LOGQUIN (*Émile-René*), *, à Lyon.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre-Pierre-Désiré*), O. *, à Mathieu (Calvados).
 LUGEON (*Maurice*), G. O. *, à Lausanne.
 VERNADSKY (*Wladimir*), à Moscou.
 GIGNOUX (*Maurice-Irénée-Marie*), *, à Grenoble.
 LERICHE (*Maurice-Henri-Charles*), *, à Uccle-Bruxelles.
 LAPPARENT (*Marie-Jacques COCHON DE*), *, à Paris.
 FOURMARIER (*Paul Frédéric Joseph*), *, à Liège (Belgique).
 BRAGG (*William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

MAIRE (*René-Charles-Joseph-Ernest*), *, à Alger.
 PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri-Alfred-Joseph*), *, à Saint-Pierre d'Albigny
 (Savoie).
 DEVAUX (*Henri-Edgard*), *, à Bordeaux.
 BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Long-Island (New-York).
 DE WILDEMAN (*Émile Auguste Joseph*), à Bruxelles.
 TEODORESCO (*Emmanuel Constantin*), à Bucarest.
 NICOLAS (*Léon-Marie-Joseph-Gustave*), *, à Toulouse.

SECTION IX. — *Economie rurale* (10).

RUSSELL (*Sir Edward John*), à Harpenden (Angleterre).
 MARCHAL (*Émile-Jules-Joseph*), à Gembloux (Belgique).
 VALLÉE (*Henri-Pierre-Michel*), C. *, à Dijon.
 TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich von*), à Vienne (Autriche).
 WAKSMAN (*Selman Abraham*), à New Brunswick (New Jersey).
 GUINIER (*Marie-Joseph-Jean-Baptiste-Philibert*), O. *, à Paris.

MM.

GORINI (*Costantino*), à Milan.HITIER (*Henri-Joseph-Robert*), c. *, à Revelles (Somme).

.....

.....

.....

SECTION X. — Anatomie et Zoologie (10).BATAILLON (*Jean-Eugène*), o. *, à Castelnau-le-Lez (Hérault).LÉGER (*Louis-Urbain-Eugène*), o. *, à Grenoble.PELSENEER (*Paul*), o. *, à Bruxelles.BOUIN (*André-Pol*), o. *, à Beaumont (Puy-de-Dôme).GUYÉNOT (*Émile-Louis-Charles*), *, à Genève.CHATTON (*Édouard-Pierre-Léon*), *, ♂, à Banyuls-sur-Mer.PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (*Marie-Paul DE*), o. *, à Alger.ANCEL (*Paul-Albert*), *, à Paris.BEAUCHAMP (*Charles-Alfred-Paul MARAIS DE*), *, à Clermont-Ferrand.POLICARD (*Albert*), o. *, ♂; à Lyon.**SECTION XI. — Médecine et Chirurgie (10).**WRIGHT (*Sir Almroth Edward*), à Londres.SHERRINGTON (*Sir Charles Scott*), à Ipswich (Angleterre).LUMIÈRE (*Auguste-Marie-Louis-Nicolas*), G. O. *, à Lyon.HOLMGREN (*Israël*), c. *, à Stockholm.JEANBRAU (*Émile-Alexis*), c. *, à Montpellier.ARTHUS (*Nicolas-Maurice*), *, à Fribourg (Suisse).REMLINGER (*Paul-Ambroise*), o. *, à Tanger (Maroc).

.....

.....

.....

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 JANVIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN, PUIS DE M. MAURICE CAULLERY.

M. CHARLES MAURAIN, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1944.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1^{er} janvier 1945.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 214 (1^{er} semestre de l'année 1942), 215 (2^e semestre de l'année 1942), 216 (1^{er} semestre de l'année 1943) et 217 (2^e semestre de l'année 1943), dont les numéros ont paru avec un retard croissant, paraîtront dès que le papier nécessaire à l'impression des Tables sera obtenu.

Seuls les numéros de janvier et février de l'année 1944 ont paru. Les matières des numéros suivants sont réservées, mais le manque de papier en retarde l'impression, qui sera faite aussitôt qu'il sera possible. Le volume des Tables générales pour la période 1926-1940, *Auteurs*, est à l'impression; celui de la période 1895-1910, *Matières*, est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 66 a paru.

Notices et discours. — Le tome 2 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1945 est sur le point de paraître.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences.
— Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1^{er} janvier 1944.

Section de Minéralogie. — M. **LUCIEN CAYEUX**, le 1^{er} novembre, à Mauves-sur-Loire (Loire-Inférieure).

Section de Botanique. — M. **MARIN MOLLIARD**, le 24 juillet, à Paris.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **LOUIS BOUVIER**, le 14 janvier, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **CHARLES ACHARD**, le 8 août, à Versailles;

M. **ANTONIN GOSSET**, le 24 octobre, à Paris;

M. **JEAN-LOUIS FAURE**, le 26 octobre, à Saint-Émilion (Gironde).

Section des Membres non résidents. — M. **JOSEPH BETHENOD**, le 21 février, à Paris.

Membres élus depuis le 1^{er} janvier 1944.

Section de Chimie. — M. **PIERRE JOLIBOIS**, le 26 juin, en remplacement de M. **AUGUSTE BÉHAL**, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **ROBERT COURRIER**, le 26 juin, en remplacement de M. **LOUIS BOUVIER**, décédé.

Section des Membres non résidents. — M. **LOUIS HACKSPILL**, le 20 novembre, en remplacement de M. **JOSEPH BETHENOD**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Mécanique. — M. **ÉMILE JOUGUET**, mort à Montpellier, le 2 avril 1943.

Section de Physique générale. — M. **JEAN PERRIN**, mort à New York, le 17 avril 1942.

Section de Minéralogie. — M. **CHARLES BARROIS**, mort à Saint-Genevieve-en-Caux, par Auffray (Seine-Inférieure), le 5 novembre 1939;

M. **LUCIEN CAYEUX**, mort à Mauves-sur-Loire (Loire-Inférieure), le 1^{er} novembre 1944.

Section de Botanique. — M. **MARIN MOLLIARD**, mort à Paris, le 24 juillet 1944.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **CHARLES ACHARD**, mort à Versailles, le 8 août 1944;

M. **ANTONIN GOSSET**, mort à Paris, le 24 octobre 1944;

M. **JEAN-LOUIS FAURE**, mort à Saint-Émilion (Gironde), le 26 octobre 1944.

Section des Membres non résidents. — M. **PAUL SABATIER**, mort à Toulouse, le 14 août 1941.

Section des Applications de la science à l'industrie. — M. **GEORGES CLAUDE**, dont l'élection a été annulée par décision de l'Académie en date du 4 septembre 1944.

Associés étrangers. — M. **EDMUND BEECHER WILSON**, mort à New York, le 3 mars 1939;

M. **WALDEMAR CHRISTOFER BRÜGGER**, mort à Boekkelaget, près d'Oslo, le 17 février 1940;

Sir **JOSEPH JOHN THOMSON**, mort à Cambridge, Angleterre, le 30 août 1940;

M. **VITO VOLTERRA**, mort à Rome, le 11 octobre 1940;

M. **TULLIO LEVI-CIVITA**, mort à Rome, le 29 décembre 1941;

Sir **WILLIAM BRAGG**, mort à Londres, le 12 mars 1942;

M. **PIETER ZEEMAN**, mort à Amsterdam, le 9 octobre 1943.

Correspondants décédés depuis le 1^{er} janvier 1944.

Pour la Section de Géométrie. — M. **EUGÈNE FABRY**, le 6 octobre, à Mazargues, près de Marseille;

M. **GEORGE BIRKHOFF**, le 12 novembre, à Cambridge, Massachusetts.

Pour la Section de Physique générale. — M. **HENRI BUISSON**, le 6 janvier, à Marseille.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **LUDDVIC MRAZEC**, le 9 juin, à Bucarest.

Pour la Section de Botanique. — M. **MATHIEU LECLERC DU SABLON**, le 18 mars, à Vénéjan (Gard).

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **ANDRÉ PAILLOT**, le 23 décembre, à Saint-Genis-Laval (Rhône).

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **ALEXIS CARREL**, le 5 novembre, à Paris.

Correspondants élus depuis le 1^{er} janvier 1944.

Pour la Section de Géométrie. — M. **HENRI DULAC**, le 24 avril, à Lyon, en remplacement de M. **GEORGES GIRAUD**, décédé.

Pour la Section de Mécanique. — M. **JEAN LERAY**, le 14 février, Prisonnier de guerre, en remplacement de M. **AUREL STODOLA**, décédé.

Pour la Section de Chimie. — M. **RENÉ LOCQUIN**, le 7 février, à Lyon, en remplacement de M. **MARCEL GODCHOT**, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **GUSTAVE NICOLAS**, le 24 avril, à Toulouse, en remplacement de M. **CLODOMIR HOUARD**, décédé.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **ANDRÉ PAILLOT**, le 17 janvier, à Saint-Genis-Laval (Rhône), en remplacement de M. **FRANÇOIS-XAVIER LESBRE**, décédé;

M. **HENRI HITIER**, le 7 février, à Revelles (Somme), en remplacement de M. **HENRI LAGATU**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **PAUL MARAIS DE BEAUCHAMP**, le 28 février, à Clermont-Ferrand, en remplacement de M. **ALBERT VAYSSIÈRE**, décédé;

M. **ALBERT POLICARD**, le 20 mars, à Lyon, en remplacement de M. **AUGUSTE LAMÈRE**, décédé.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **PAUL REMLINGER**, le 14 février, à Tanger, en remplacement de M. **JEAN SABRAZÈS**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géométrie. — Sir **JOSEPH LARMOR**, mort à Hollywood, Irlande, le 19 mai 1942;

M. **ÉMILE COTTON**, élu membre non résidant, le 8 novembre 1943;

M. **EUGÈNE FABRY**, mort à Mazargues, près de Marseille, le 6 octobre 1944;

M. **GEORGE BIRKHOFF** mort à Cambridge, Massachusetts, le 12 novembre 1944.

Pour la Section de Mécanique. — M. **AUGUSTUS EDWARD HOUGH LOVE**, mort à Oxford, Angleterre, le 5 juin 1940.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **LOUIS FABRY**, mort aux Lecques (Var), le 26 janvier 1939;

Sir **FRANK DYSON**, mort en mer, au retour d'un voyage en Australie, le 25 mai 1939;

M. **ALFRED FOWLER**, mort à Londres, le 24 juin 1940;

M. **EDMOND ROTHE**, mort à Lezoux (Puy-de-Dôme), le 28 août 1942;

M. **FRANK SCHLESINGER**, mort à Lyme, Connecticut, le 10 juillet 1943.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **JULES SCHOKALSKY**, mort le 26 mars 1940;

M. **WILLIAM BOWIE**, mort le 28 août 1940.

Pour la Section de Physique générale. — M. **CHARLES-EUGÈNE GUYE**, mort à Genève, le 15 juillet 1942;

M. **HENRI BUISSON**, mort à Marseille, le 6 janvier 1944.

Pour la Section de Chimie. — Sir **WILLIAM POPE**, mort à Cambridge (Angleterre), le 17 octobre 1939;

M. **FRÉDÉRIC SWARTS**, mort à Gand (Belgique), le 6 septembre 1940;

Sir **ROBERT HADFIELD**, mort à Londres, le 30 septembre 1940.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **GIUSEPPE CÉSARÒ**, mort à Comblain-au-Pont (Belgique), le 20 janvier 1939;

M. **LUDOVIC MRAZEC**, mort victime d'un bombardement à Bucarest, le 9 juin 1944.

Pour la Section de Botanique. — M. **SEITIRO IKENO**, mort à Tokyo, le 4 octobre 1943;

M. **ALBERT MAIGE**, mort à Lille, le 29 novembre 1943;

M. **MATHIEU LECLERC DU SABLON**, mort à Vénéjan (Gard), le 18 mars 1944.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **ÉDOUARD IMBEAUX**, mort à Hyères (Var), le 25 juin 1943.

M. **ANDRÉ PAILLOT**, mort à Saint-Genis-Laval (Rhône), le 23 décembre 1944.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **ÉMILE FORGUE**, mort à Grave (Ariège), le 1^{er} février 1943;

M. **ALEXANDRE YERSIN**, mort à Nhatrang, Annam, le 1^{er} mars 1943;

M. **ALEXIS CARREL**, mort à Paris, le 5 novembre 1944.

Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **JOSEPH AUCLAIR**, mort à Saint-Léger-sur-Roanne, le 12 décembre 1936.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **AMÉ PICTET**, mort à Genève, le 11 mars 1937.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **CAMILLE GUTTON**, élu Académicien libre, le 31 janvier 1938.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **JOHN ALEXANDER LOW WADDELL**, mort à New York, le 3 mars 1938.

E. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **LUCIEN DANIEL**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

F. — Le Correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **DAVID HILBERT**, mort à Göttingen, le 14 février 1943.

M. **CHARLES MAURAIN**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

En arrivant au terme de mon mandat de Président, je vous exprime mes remerciements pour l'honneur que vous m'avez fait en me confiant ce mandat, et aussi pour la constante bienveillance avec laquelle vous m'en avez facilité l'exercice. J'exprime ma reconnaissance à nos Secrétaires perpétuels, qui m'ont fait bénéficier de leur expérience et de leurs conseils. J'ai grand plaisir à dire combien je dois aux bons offices de notre dévoué Secrétaire M. Gauja.

Une nouvelle année commence, ouverte à tous les espoirs; veuillez agréer pour les vôtres et vous-même mes vœux les plus fervents.

Et maintenant, j'invite nos éminents Confrères MM. Caullery et Cartan à prendre place comme Président et Vice-Président de l'Académie pour l'année 1945.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **MAURICE CAULLERY** s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

En accédant à ce fauteuil, où votre confiance m'a fait le grand honneur de m'appeler, je veux tout d'abord rendre un hommage affectueux et sincère à la conscience, à la hauteur de vues et à l'autorité avec lesquelles il a été occupé par mon prédécesseur et vieil ami Charles Maurain, comme j'ai pu en être le témoin pendant toute l'année qui vient de finir.

Je tiens aussi à exprimer, pour ma part, les sentiments traditionnels — parce que profondément naturels — qui ont animé tous ceux qui ont siégé ici avant moi : vous remercier tout d'abord vivement et vous dire la fierté que j'éprouve d'inscrire cette charge parmi les étapes de ma carrière et de voir mon nom s'ajouter à la liste éminente de ceux qui m'y ont précédé; dire à mon tour ma gratitude à nos Secrétaires perpétuels, qui, non seulement allègent efficacement la tâche du Président, mais qui sont vraiment les gardiens vigilants et sûrs de toute notre vie académique. Nous leur devons être spécialement reconnaissants pour la façon prudente avec laquelle ils ont rempli leur mission pendant les sinistres années que nous venons de traverser et où l'Académie a pu ainsi, sans discontinuité ni défaillance, s'acquitter de sa fonction.

Me sera-t-il permis de considérer que les circonstances présentes suggèrent et peut-être même m'imposent le devoir de déborder quelque peu le cadre coutumier de cette allocution ?

L'année où nous entrons ne comporte-t-elle pas des perspectives exceptionnelles ? Cellès qui viennent de s'écouler étaient obnubilées par la douleur cuisante de l'occupation ennemie, aggravée par le joug immonde et cruel de la Gestapo, par la nécessité impérieuse de refouler nos sentiments les plus ardents.

et surtout par le fait de vivre dans l'horrible appréhension d'un avenir où le sort de la France apparaissait comme un esclavage irrémédiable et total — spécialement dans le domaine de la pensée — esclavage auquel un gouvernement de capitulation non seulement se résignait, mais où il apercevait désormais la destinée naturelle et souhaitable de notre pays. Certes, nous nous refusions, pour notre part, à cette abdication. Nous voulions, toujours et malgré tout, espérer que la démission de la France n'était pas définitive et l'aube de la délivrance avait fini par luire. Mais, il y a un an, nous étions toujours parqués derrière ce mur de l'Atlantique, qu'on s'appliquait à nous faire croire infranchissable.

Il a été renversé le 6 juin 1944, grâce à l'audace méthodique et inventive de nos alliés et à la vaillance de leurs troupes. Nous avons goûté depuis la joie incomparable de la Libération et, non moins vivement, celle de voir, en dépit de lourdes chaînes, si cruellement et si méthodiquement forgées, notre jeunesse française participer efficacement à cette libération, en particulier à celle de Paris, qui, d'une façon inespérée, est sorti intact de la lutte; nous goûtons aussi la fierté et le réconfort de posséder en ces terribles conjonctures, à la tête de notre nation, un homme qui a su, par une intuition aussi hardie que magnifique, avec une inébranlable continuité de vues et avec une ténacité indomptable, garder toujours, même à l'heure affolante du désastre, la foi dans la victoire de la cause de la liberté et dans la résurrection de notre pays. Cette résurrection, après l'avoir rendue possible par sa résolution farouche et sa perspicacité, il la poursuit en ce moment avec sûreté et à vive allure. Son nom est, dès à présent, inscrit dans l'histoire, au faite de la grandeur française. Une fois de plus, la France a trouvé, parmi ses enfants, à l'heure cruciale, l'homme du destin. Je salue ici, au seuil de cette année 1945, ou plutôt au seuil de l'ère nouvelle, le nom du général de Gaulle.

Mais les dernières semaines qui viennent de s'écouler nous ont montré, de façon pathétique, que nous sommes encore loin d'être définitivement sortis de la période de l'incertitude et du danger. A la veille de Noël, le spectre de l'invasion s'est de nouveau dressé et nos malheureux et sympathiques voisins de la Belgique et du Luxembourg en ont connu, une fois de plus, la réalité tragique et les atrocités. L'invasion de notre sol se profilait déjà sur la Meuse, comme en mai 1940. Nos alliés y ont fait face résolument et avec succès. Mais cette péripétie nous a contraints à sentir que la paix est encore lointaine et que nous devons toujours compter avec les réalités, les surprises et les périls de la guerre, que nous devons toujours vivre et roidir notre effort en conséquence.

Je prononçais, il y a un instant, les mots d'ère nouvelle. Tout homme qui réfléchit n'éprouve-t-il pas, en effet, nettement l'impression qu'une discontinuité indiscutable et profonde nous sépare désormais du passé le plus récent et que nous sommes entrés inéluctablement dans un cycle de graves et irréver-

sibles transformations sociales? Ce n'est pas le lieu ici d'en conjecturer les modalités, ni de les discuter, mais ne devons-nous pas, à cette occasion, rentrer en nous-mêmes et nous demander s'il est possible à notre Compagnie d'assister immobile à ces changements, je serais tenté, en naturaliste, de dire à ces métamorphoses?

Tous les Français doivent, avant tout, donner leur attention et leur activité à la reconstitution du pays, dévasté, pillé et ruiné, et à sa rénovation, afin qu'il conserve dans le monde la place glorieuse qu'il y a tenue au cours des derniers siècles. Les problèmes ainsi posés sont multiples et immenses. Le plus vital, à mon sens, n'est pas de notre ressort direct, mais il n'est cependant pas impossible que l'autorité de l'Académie lui permette d'y apporter une contribution : c'est le problème démographique, d'où dépend l'existence même de la nation. Il faut, avant toute autre chose, en effet, que la France survive en se repeuplant. La guerre, en se prolongeant, a gravement amplifié le problème. L'ennemi, qui, à cet égard comme à d'autres, ravale la condition humaine à celle du bétail, n'a pas manqué d'amplifier chez lui par tous les moyens la natalité en l'inhibant chez nous. C'est question primordiale, pour la France, de parer à ce péril majeur.

En tout cas, l'Académie se doit de s'efforcer, par tous les moyens en son pouvoir, de participer au redressement national dans le champ qui lui est propre et je ne doute pas un seul instant que ce soit votre préoccupation commune. Elle le doit en vertu de la puissance même de la science, qui est sa raison d'être. Au reste, certains de nos Confrères ne nous ont-ils pas déjà conviés à participer à des études d'importance majeure pour le pays et qui tendent à accroître le rendement de l'Agriculture. C'est, en quelque sorte, le prototype de contributions variées qui ne manqueront pas de s'offrir à notre activité.

Il me paraît aussi que nous ne pourrions guère, dans les conjonctures présentes, nous abstenir de réfléchir à la possibilité de mettre notre Compagnie elle-même en harmonie aussi satisfaisante que possible avec les conditions et les nécessités de la vie scientifique d'aujourd'hui et de demain. Je n'ai pas non plus, à cet égard, l'outrecuidance de venir ici dresser un plan de réformes intérieures; je voudrais seulement émettre quelques idées qui se sont certainement déjà présentées à votre esprit à tous. On ne doit certes pas méconnaître qu'il ne faut toucher qu'avec une extrême prudence à de grandes institutions, anciennes et glorieuses comme est la nôtre et que le souci du mieux risqué, en la matière, d'être souvent l'ennemi du bien. Mais n'est-il pas aussi dangereux de vivre dans une immobilité systématique, quand tout se transforme autour de nous? Nous n'avons pas, il est vrai, une liberté de mouvements totale, puisque nous ne sommes qu'une partie d'un tout solidement agencé. Ne nous abstenons pas cependant, en dernière analyse, de rentrer en nous-mêmes et de chercher à distinguer clairement quelques dysharmonies fonctionnelles résultant

tant de l'action inéluctable du temps et que nous pouvons songer à écarter ou au moins à atténuer.

Il est un fait patent, que nous connaissons bien et sur lequel je me suis permis récemment, après d'autres, d'appeler l'attention, c'est que l'âge collectif de l'Académie, exprimé par la moyenne de celui de tous ses membres, va régulièrement croissant. L'augmentation de la longévité individuelle, fruit de l'amélioration des conditions de la vie, est, en soi, chose favorable, et l'âge nous apporte l'expérience et la sérénité du jugement; mais il restreint toujours notre activité et va souvent jusqu'à la paralyser complètement. Or cette activité est hautement utile, sinon indispensable à la vie académique. Faire partie de notre Compagnie est un honneur légitimement envié, mais cet honneur ne saurait constituer la seule raison d'être des nôtres. Nous devons agir. J'estime, pour ma part, qu'une présence au moins assez assidue à nos séances et une participation effective et régulière aux travaux de nos Commissions sont absolument désirables. Car c'est ainsi que nous pouvons nous acquitter d'une de nos fonctions les plus importantes, celle de contribuer à la sélection des jeunes travailleurs, d'aider les meilleurs à émerger et de les encourager à la recherche. N'avons-nous pas d'ailleurs le juste privilège d'intervenir dans l'attribution des chaires et emplois de plusieurs des grands établissements scientifiques du pays? Il nous faut donc être à notre poste, et surtout rester au contact de la Science, sous ses aspects les plus modernes, lesquels se transforment maintenant de façon si profonde dans l'espace d'une vie humaine. Aussi, pour maintenir notre Compagnie en réelle harmonie avec la science qui s'élabore, est-il très désirable d'appeler parmi nous, aussi souvent que possible, des hommes encore jeunes, dont l'esprit est naturellement accordé aux idées et aux techniques les plus récentes et les plus fécondes.

D'autre part, en se plaçant au point de vue collectif, l'Académie doit aussi refléter dans sa composition, aussi exactement que possible, l'aspect général de la Science; or son cadre actuel, qui date de la fin du XVIII^e siècle et des premières années du XIX^e, n'est pas sans offrir des discordances notables avec les conditions présentes, quant à l'importance relative et aux rapports des diverses sciences particulières.

Je voudrais encore évoquer brièvement un autre point. Notre pays a certainement pâti et souffre toujours de la centralisation excessive qui concentre trop à Paris les forces intellectuelles. Il a été très judicieux, à cet égard, de créer, il y a maintenant trente ans, la Section des Membres non résidants. Mais la place ainsi faite parmi nous à nos Collègues de province est-elle suffisante? Je serais tenté, en ce qui me concerne, de répondre négativement, ne serait-ce qu'en égard à la difficulté des choix que nous avons à faire. Nous ne pouvons consacrer suffisamment, de façon équitable, la valeur dans les diverses sciences, où elle est d'ailleurs presque toujours très difficile à comparer, et nous sommes conduits ainsi à laisser de côté des hommes qui mériteraient à tous égards d'être des nôtres.

Mais je ne veux pas abuser du privilège qui m'échoit aujourd'hui en retenant trop longtemps votre attention, ni, je le répète, formuler un programme. Il m'a semblé seulement que l'heure convenait pour évoquer des questions qui ont d'ailleurs presque toutes été déjà posées. Il y aurait aussi une très modeste réforme à accomplir, et qui ne dépend que de nous-mêmes. C'est une tradition de la mentionner en cette circonstance et je ne veux pas y manquer : l'observation du silence, au moins d'un silence relatif, pendant nos séances publiques, à l'image de ce que sont nos Comités secrets, où les orateurs sont si bien écoutés. Je ne me fais pas l'illusion que mon exhortation sera entendue mieux que celle de mes prédécesseurs. Je me borne à demander à nos Confrères d'apporter autant de discrétion que possible dans leurs conversations particulières, dont je suis loin de méconnaître le charme et l'intérêt.

Revenons à la réalité immédiate, qui, si elle nous a apporté, en ces derniers mois, des satisfactions puissantes, n'en reste pas moins grave et même tragique. La guerre continue, avec des vicissitudes dramatiques et subites, ses atrocités, ses nécessités cruelles et tous ses deuils. L'ennemi n'a pas disparu de notre sol national. Il est encore à Dunkerque, sur la côte atlantique et sur un coin de l'Alsace. Nos jeunes classes attendent des armes pour participer à la lutte finale. Prisonniers et déportés, parmi lesquels il y a plus d'un homme de science, sont toujours aux mains de l'ennemi et nous ne pouvons que trembler en songeant à leurs souffrances et aux risques qu'ils courent dans les mois actuels. Mettons-nous au travail pour cette année 1945, en souhaitant qu'elle nous apporte enfin la victoire et la paix, et espérons que les difficultés qui ont récemment pesé et pèsent toujours si lourdement sur la vie scientifique pourront bientôt s'atténuer et disparaître. Voici déjà supprimée, avec le mur de l'Atlantique, la barrière qui nous isolait de la vie intellectuelle de nos alliés. Nous allons pouvoir connaître ce que la Science a acquis chez eux depuis 1940 et leur faire connaître ce que nous avons fait nous-mêmes. La possibilité de l'échange de nos publications est un des aspects non négligeables de la libération. Souhaitons, pour notre part plus spéciale, que la publication de nos *Comptes rendus*, image fidèle de notre vie hebdomadaire, regagne le temps perdu et retrouve son rythme régulier. Nous devons nous résigner à ces retards quand nous étions sous le joug ennemi; nous ne saurions nous en accommoder maintenant que nous avons recouvré la liberté. L'actualité de la recherche scientifique vaut bien celle des faits divers.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 19 décembre 1944, portant approbation de l'élection que l'Académie

a faite de M. **LOUIS HACKSPILL** pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Joseph Bethenod*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **LOUIS HACKSPILL** prend place parmi ses Confrères.

STATISTIQUE. — *Variation de l'âge académique moyen au cours du dernier demi-siècle (1895-1945) et comparaison avec l'année 1845*. Note ⁽¹⁾ de M. **MAURICE CAULLERY**.

Charles Richet ⁽²⁾ a fait, il y a 15 ans, une statistique globale portant sur l'âge d'élection, l'âge de mort et la durée de la vie académique, pour l'ensemble de la période allant de la création de l'Institut (1795) à 1929, en y relevant particulièrement les cas individuels extrêmes.

J'ai eu, pour ma part, la curiosité de voir comment avait varié, au point de vue de l'âge, la composition d'ensemble de l'Académie, au cours du dernier demi-siècle (1895-1945), en étudiant cette composition à des instants donnés, régulièrement espacés (1^{er} janvier 1895, 1905, 1915, 1925, 1935, 1945) et en y comparant la situation il y a un siècle, au 1^{er} janvier 1845.

On trouvera ci-contre, sous forme de tableaux, les chiffres relatifs à l'âge moyen de l'ensemble des Membres (tableau Ia), à leur âge moyen d'élection (tableau Ib), aux mêmes données pour chacune des Sections (tableau IIa-IIb), considérées séparément et enfin la répartition par décades d'âge de l'ensemble des Membres (tableau III).

Les chiffres relatifs aux Sections (tableaux II) sont nécessairement beaucoup moins significatifs que ceux relatifs à l'ensemble de l'Académie, du fait du trop petit nombre des personnes considérées et, par suite, de l'importance de l'incidence de chaque cas particulier. Pour prendre un exemple frappant (ne figurant pas dans les tableaux), au 1^{er} janvier 1889, la Section de Chimie, où se trouvait Chevreul, âgé de 102 ans, fournissait un âge moyen de 71,2 ans, qui, par la mort de Chevreul, s'abaissait au 1^{er} janvier 1890 à 64,1; néanmoins, dans les Sections prises isolément, aussi bien que dans l'ensemble de l'Académie, on enregistre, au cours du dernier demi-siècle (et plus encore par comparaison avec 1845), un relèvement net, régulier et général, tant de l'âge moyen que de l'âge d'élection.

Des conclusions semblables se dégagent du tableau III.

Je n'ai nullement la prétention d'avoir fait, par ces statistiques, une découverte inattendue, mais la constatation des chiffres me semble significative. Il y a là une variation dont le sens est constant, le taux assez régulier et l'amplitude

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 591.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLEAU I.

1 ^{er} janvier.....	1895.	1905.	1915.	1925.	1935.	1945.	1845.
<i>a. Age moyen de l'ensemble des Membres de l'Académie.</i>							
Membres titulaires.....	62,6	61,2	63,3	66,3	69,4	70,3	56,6
Totalité de l'Académie.....	63,5	62,6	66,7	66,1	69,3	70,3	58
<i>b. Age moyen d'élection.</i>							
Membres titulaires.....	47,2	49	50,8	53,6	56	58	41,5
Totalité de l'Académie.....	48,6	50,4	52,8	54,3	56,6	58,8	42,6

TABLEAU II.

Dates.....	1895.	1905.	1915.	1925.	1935.	1945.	1845.
<i>a. Age moyen dans chaque Section.</i>							
Géométrie.....	49,6	50	56,6	60	62,7	68	55,3
Mécanique.....	55,8	60,3	68	72,8	60	67	55
Astronomie.....	61,6	67	65	69	70	68,5	56
Géographie et Navigation.....	66,5	66,3	71,3	65,6	68,4	72	66
Physique générale.....	56	61,5	68,5	63,6	71,3	71,6	54,5
Chimie.....	62,6	62,5	67,6	64	70	73	47
Minéralogie.....	70,4	58,6	59	68,1	74,5	69	59,6
Botanique.....	72	63	66	66,8	69	71	55
Economie rurale.....	66	60,6	71	67,5	71,3	78,7	59
Anatomie et Zoologie.....	66,8	57,1	64	63,6	70,6	66	56,1
Médecine et Chirurgie.....	62	63,1	71,5	69	74,5	71	56,5
Membres libres.....	69,4	72,1	70,1	67,8	67,5	68,3	66,4
Membres non résidants.....	"	"	66,6	67	71,6	73,5	"
Applications Sci. à Ind.....	"	"	"	59	68	71,4	"
<i>b. Age moyen d'élection dans chaque Section.</i>							
Géométrie.....	36,8	37,1	39,6	46,3	51	53	38,8
Mécanique.....	44,5	47	49	54	53	58,4	43,5
Astronomie.....	41,6	51,5	54	54	56	53,5	37,4
Géographie et Navigation.....	54	54,1	53,6	59,2	56,2	60	49
Physique générale.....	42	48,3	55,3	56,6	60,1	57	42
Chimie.....	49	48,3	55,5	53,3	58,1	63	34,3
Minéralogie.....	49	50,5	52,4	53	55	60,5	40,3
Botanique.....	49,8	50,6	53,3	54,5	55,3	58	39,1
Economie rurale.....	50,8	49,6	49,6	53	64,5	64	48
Anatomie et Zoologie.....	50	48	48,1	54,5	56	59	41,6
Médecine et Chirurgie.....	55,3	53	54,5	59	61	60	45,6
Membres libres.....	58,2	59,9	58,1	57,1	55,9	61,3	49,6
Membres non résidants.....	"	"	65,3	58,5	61,3	65,8	"
Applications Sci. à Ind.....	"	"	"	54,5	56,3	55,4	"

TABLEAU III.

Répartition par décades d'âge dans la totalité des Membres de l'Académie.

Dates.....	1895.	1905.	1915.	1925.	1935.	1945.	1845.
30-40.....	2	0	0	0	0	0	6
40-50.....	7	7	0	1	2	3	14
50-60.....	19	22	25	16	11	5	22
60-70.....	22	27	27	40	30	27	22
70-80.....	17	18	20	25	33	31	9
> 80.....	8	4	11	6	11	14	2
< 60.....	28	29	25	17	13	8	42
> 60.....	47	49	58	71	74	72	33
Effectif total.....	75	78	83	88	87	80	75

relativement considérable, surtout depuis un siècle, mais aussi en se limitant au dernier demi-siècle.

L'augmentation de l'*âge moyen* est liée pour une part à l'allongement général de la durée de la vie, qui est incontestable à l'heure présente. Celui de l'*âge d'élection*, influencé indirectement par le fait précédent, est surtout en rapport avec la condition que la compétition se produit entre savants de plus en plus nombreux, sans que l'Académie se soit parallèlement élargie. A mérite comparable, il y a donc chance d'arriver plus tard. L'état des sciences, il y a un siècle, favorisait peut-être aussi d'avantage la révélation précoce d'individualités éminentes, qui trouvaient devant elles le chemin plus libre. Je me borne ici à enregistrer ces constatations. On ne peut se dispenser toutefois de penser qu'il y aurait intérêt pour l'Académie à s'efforcer de conserver dans son sein, autant que possible, une proportion suffisante d'hommes relativement jeunes, dont l'esprit soit naturellement accordé aux progrès les plus récents des sciences, qui, en notre temps, sont si rapides. C'est là un ordre de considérations qui, sans conduire à des règles rigides, semble devoir être présent à notre esprit.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence générale du rubidium chez les animaux.*

Note ⁽¹⁾ de MM. GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND.

Les recherches dont nous avons eu l'honneur de présenter les résultats à l'Académie il y a quelques mois nous ont permis de démontrer que la présence du rubidium est constante dans les espèces végétales. Ayant déterminé en outre, dans chacun des 67 cas examinés, la teneur en rubidium, nous avons fait ressortir que cette teneur est relativement élevée, car elle atteint, en général, plusieurs centigrammes par kilogramme de matière sèche ⁽²⁾.

La présence du rubidium est-elle aussi largement répandue chez les espèces animales et quelle peut être, d'autre part, la proportion du métal alcalin retenue par l'organisme de ces espèces ?

Plusieurs expérimentateurs ont déjà rencontré le rubidium dans le milieu animal. En 1929, N. Wright, de l'Institut Hannah de Laiterie, en Écosse, et J. Papish, de l'University Cornell, ayant utilisé pour la première fois la méthode spectrographique à l'analyse qualitative aussi complète que possible des cendres du lait de vache de trois localités de Grande-Bretagne et de six localités des États-Unis, ont compté le rubidium dans la liste des métalloïdes et des métaux qu'ils ont trouvés dans ces cendres. Cependant l'un d'eux (J. P.) a fait observer que, dans un des échantillons de lait étudié par lui, la présence du rubidium n'a pu être établie avec certitude.

La même année, H. Ramage, s'étant servi lui aussi du spectrographe pour analyser des échantillons de sang humain normal et de sang anémique, a noté

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 325.

que la raie 4202 Å du rubidium était présente dans le spectre du sang normal; en fait, affirme-t-il, sans donner d'ailleurs aucun détail à ce sujet, le rubidium est présent dans la plupart des parties du corps et il est présent à la fois dans le lait humain et dans le lait de vache.

En 1930, M. Fox et H. Ramage ont trouvé, toujours au spectrographe, dans le corps d'annélides et de mollusques, une série de métaux peu communs : parmi eux, le lithium leur est apparu alors très répandu dans les tissus animaux. Quant au rubidium, ajoutent-ils, « il est moins commun ».

En 1931, avec J. H. Sheldon, H. Ramage est revenu, mais cette fois d'une manière plus explicite, sur la présence du rubidium dans les tissus humains. Opérant par comparaison avec un mélange salin artificiel, il a même tenté de déterminer l'ordre de grandeur des quantités de rubidium rencontrées. Les chiffres sont généralement compris entre 10 et 40^{mg} de métal alcalin par kilogramme de tissu sec, avec quelques exceptions, où il y a un peu plus de 40^{mg}; ou bien, au contraire, il n'y a que des traces ou pas du tout de rubidium. Parmi les tissus dans lesquels le métal n'a pas été constaté, se trouvent le sang (14 fois sur 23) et, dans tous les cas examinés, les dents et les os.

Un peu plus récemment encore, en 1934, W. F. Drea a rencontré le rubidium 4 fois sur 5 dans le blanc de l'œuf de poule et, portant ensuite son attention sur le lait, a déclaré la présence du rubidium contestable dans le lait humain, mais certaine dans ceux de chèvre et de vache.

Enfin, en 1938, H. Dingle et J. H. Sheldon ont émis l'opinion que le rubidium doit être inclus parmi les éléments du lait, parce qu'il leur est apparu aussi bien dans chacun des laits de vache, naturels ou préalablement manufacturés, dont ils ont passé les cendres au spectrographe, que dans un échantillon moyen de lait humain provenant du mélange de 22 nourrices en bonne santé.

D'une manière générale, les auteurs ci-dessus ont soumis les cendres totales, sans aucun traitement, à l'action d'un chalumeau à oxygène ou d'un arc électrique à électrodes de graphite, et ils ont photographié l'image de la flamme à l'aide d'un spectrographe à pièces optiques en quartz.

Grâce à la simplicité de cette technique et à la sensibilité de l'analyse spectrale, ils ont pu atteindre commodément des résultats déjà très instructifs; mais, il faut le remarquer, ces résultats ne permettent pas de répondre aux deux questions, qualitative et quantitative, que nous avons posées.

En effet, qualitativement, la méthode employée n'était pas encore assez sensible pour trancher tous les cas; un certain nombre de ceux-ci sont même restés, en conséquence, dans l'incertitude; quantitativement, d'autre part, et surtout à cause de l'influence perturbatrice des substances contenues dans les cendres brutes sur l'intensité des raies du rubidium, il ne pouvait s'agir, dans la tentative de Sheldon et Ramage, que d'un ordre de grandeur plus ou moins approché, selon les expériences.

C'est pourquoi nous avons étendu aux espèces animales les déterminations que nous nous avions fait porter précédemment sur les espèces végétales. Malgré les difficultés de toutes sortes dues à l'état de guerre, nous avons pu réunir des animaux et des organes d'animaux appartenant à d'assez nombreuses espèces d'Invertébrés et de Vertébrés pour permettre de jalonner, d'une façon déjà assez variée, la série zoologique.

Lorsque nos expériences ont porté sur des animaux entiers, les intestins ont été vidés de leur contenu, soit par le jeûne, comme pour le Ver de terre, soit par dissection, comme pour la Souris. Parmi les Insectes, le Ver à soie a été choisi à l'état de chrysalide, état dans lequel l'animal s'est débarrassé physiologiquement de son contenu intestinal.

Les prises totales ou partielles d'organes et celles des petits animaux ont été faites de manière à fournir chaque fois environ 2^g de matière séchée à 105°. Le résidu, après dessiccation complète à l'étuve électrique, a été pesé exactement, puis incinéré dans une capsule de platine, à une température aussi basse que possible et, le plus ordinairement, en faisant intervenir un lessivage du charbon d'abord obtenu. Dans plusieurs cas, on a d'abord séché et incinéré des poids supérieurs de substances et l'on a poursuivi l'expérience sur une partie aliquote des cendres.

Nos recherches ont porté au total sur 37 échantillons d'animaux ou de parties d'animaux appartenant à 33 espèces. Nous avons trouvé nettement le rubidium et réussi à le doser dans toutes les espèces animales que nous avons étudiées, aussi bien que dans toutes les parties, langue, foie, pancréas, rein, muscles divers, sang, blanc et jaune de l'œuf, lait, provenant de ces espèces.

Les teneurs rencontrées varient beaucoup, comme chez les plantes, et présentent le même caractère général d'être plutôt élevées, allant de quelques milligrammes à quelques centigrammes par kilogramme de matière sèche et pouvant atteindre, dans des cas il est vrai exceptionnels, plus du décigramme.

Les Invertébrés (13 résultats) nous ont fourni des chiffres allant de 3 à 28^{mg}, avec une exception très sensible pour un Tuniciér, *Ascidia mentula* O. F. Müller, qui en renfermait 45^{mg},5.

Les Vertébrés se divisent jusqu'ici en deux ou plutôt en trois groupes : le premier, comprenant les Poissons, Batraciens et Reptiles, dans lequel les chiffres (6 résultats) sont restés entre 2 et 20^{mg},5, à peu près comme chez les Invertébrés ; le deuxième, formé par les Mammifères (11 résultats), où les chiffres se sont élevés entre 8 et 65^{mg},5 ; et enfin le troisième, celui des Oiseaux (6 résultats), dans lequel nous avons eu la surprise de rencontrer jusqu'à plus de 100^{mg}. Il s'agissait alors de muscles, en réalité des muscles pectoraux, qui, chez le Pigeon, le Coq et le Cormoran atteignaient respectivement les teneurs de 112, 125 et 133^{mg} de rubidium par kilogramme de matière sèche. Cette particularité incite fortement à supposer que le rubidium doit intervenir dans le

phénomène de contraction musculaire et, selon toute vraisemblance, à cause de sa relativement haute radioactivité ⁽²⁾.

Quoi qu'il en soit de la valeur des quelques observations particulières qui viennent d'être relevées, et qui ne reposent encore que sur un trop petit nombre de résultats pour être considérées comme définitives, il ressort de l'ensemble de nos nouvelles recherches que le rubidium est aussi généralement répandu dans les espèces animales que dans les espèces végétales et qu'il doit être compris désormais parmi les éléments constants de la matière vivante.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

CORNELIO L. SAGUI. *Forêts et Déserts.*

LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES, à Genève, adresse à l'Académie, pour la population civile française, plusieurs centaines de kilos de produits pharmaceutiques. Des remerciements seront exprimés et l'Académie de Médecine sera priée d'assurer la répartition de ce précieux envoi.

M. **MAURICE CHEVASSU** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.

ALGÈBRE. — *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupes d'inertie et de ramification ; théorie extrinsèque de la ramification.*
Note ⁽¹⁾ de M. **MARC KRASNER**, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations et les conventions de mes Notes précédentes ⁽²⁾ et je me sers de leurs résultats. Soit $\sigma \in Z_{(K/k)}(|\cdot|, |\cdot|^*)$; l'élément du squelette S^* de K^* auquel appartient $\sigma\alpha$, $\alpha \in K$, ne dépend que de $\bar{\alpha} \in S$ auquel appartient α , et sera noté $\bar{\sigma}\bar{\alpha}$. La correspondance $\bar{\sigma} = \{\bar{\alpha} \rightarrow \bar{\sigma}\bar{\alpha}\}$ est un isomorphisme de S/s dans S^* , dont on dira qu'il est *induit* par σ . Étant donné, deux hypergroupes H et H' , une application λ de H dans H' est dite un *homomorphisme normal* si, pour tous $\sigma_1, \sigma_2 \in H$, on a $\lambda(\sigma_1 \cdot \sigma_2) = \lambda\sigma_1 \cdot \lambda\sigma_2$; si H' possède une unité droite ⁽³⁾ ε' , λ est un homomorphisme normal si, et seulement si l'image h

⁽²⁾ Pour d'autres détails, le tableau des résultats et les indications bibliographiques, consulter le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 345-347, 473-476, 539-541.

⁽³⁾ Voir KRASNER, *Duke Math. Journ.*, 6, 1940, pp. 120-140.

de ε' par l'inverse de λ est un sous-hypergroupe de H tel que, pour tous $\sigma_1, \sigma_2 \in H$, on ait $\sigma_1 h \sigma_2 h = \sigma_1 \sigma_2 h$; un tel sous-hypergroupe sera dit *normal*. On prouve que $\sigma \rightarrow \bar{\sigma}$ est un homomorphisme normal de $Z_{K/k}$ sur $g_{S/s}$; ainsi l'ensemble $V_{K/k}(|\dots|^\star)$ des $\sigma \in Z_{K/k}(|\dots|^\star)$ tels que $\bar{\sigma}$ soit l'isomorphisme identique 1_S de S (autrement dit, tels que, pour tout $\alpha \in K$, $\alpha \neq 0$, on ait $|\sigma\alpha - \alpha|^\star < |\alpha|$) est un sous-hypergroupe conforme et normal de $Z_{K/k}(|\dots|^\star)$, dit *hypergroupe de ramification de K/k pour $|\dots|^\star$* ; et $Z/V \cong g_{S/s} \simeq \mathfrak{A}_{S/s}$. Le corps $K_{V/k}$ appartenant à $V_{K/k}$ est dit *corps de ramification de K/k* .

L'ensemble $T_{K/k}(|\dots|^\star)$ des $\sigma \in Z_{K/k}(|\dots|^\star)$ tels que $\bar{\sigma} \in T_{S/s}$ (autrement dit, tels que, pour tout $\alpha \in \mathcal{J}$, on ait $|\sigma\alpha - \alpha|^\star < 1$), qui est un sous-hypergroupe conforme et normal de $Z_{K/k}(|\dots|^\star)$ (car, on prouve que $\sigma \rightarrow z(\bar{\sigma})$ est un homomorphisme normal de $Z_{K/k}$ sur $g_{R/r} = g_{S/s}[T_{S/s}]$), dit *hypergroupe d'inertie de K/k pour $|\dots|^\star$* , et l'on a $Z/T \cong g_{R/r}$, $T/V \simeq \mathfrak{A}_{\mathcal{M}/m}^{(R)}$. Le corps $K_{T/k}$ appartenant à $T_{K/k}$ est dit *corps d'inertie de K/k* .

k étant complet, et \mathfrak{S} étant le squelette d'une fermeture algébrique \mathfrak{A} de k , pour toute sous-extension séparable S/s de \mathfrak{S}/s il existe une et une seule extension non surramifiée $K_s \subseteq \mathfrak{A}$ de k dont le squelette soit S . En particulier, si R/r est une sous-extension séparable de l'extension de restes \mathfrak{R}/r de \mathfrak{A}/k , il existe une et une seule extension non ramifiée $K_R \subseteq \mathfrak{A}$ de k dont le corps de restes soit R ^(*); et si $\mathcal{M} \supset m$ est un module de nombres réels tel que \mathcal{M}/m n'ait aucun élément non nul d'ordre infini ou puissance de p , il existe une et une seule extension non surramifiée et complètement ramifiée $K_{\mathcal{M}} \subseteq \mathfrak{A}$ de k dont le module de valuation soit \mathfrak{M} ^(*). Les relations d'inclusion, d'intersection et de réunion des S , R , \mathcal{M} restent valables pour les K_s , K_R , $K_{\mathcal{M}}$ correspondants.

Une extension transcendante pure valuée $k' = k(t_1, t_2, \dots, t_n)$ d'un corps valué k sera dite *élémentaire de caractéristique valuative* $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ (où les u_i sont des nombres réels positifs) si la valuation de tout polynôme (sans termes semblables) $\alpha = \sum a(i_1, i_2, \dots, i_m) t_1^{i_1} t_2^{i_2} \dots t_m^{i_m}$ en t_1, t_2, \dots, t_m dans k est $\text{Max}(|a(i_1, i_2, \dots, i_m)| u_1^{i_1} u_2^{i_2} \dots u_m^{i_m})$; k' ainsi valuée sera noté $k(t; U)$. Si K/k est une extension algébrique valuée, $K' = K(t; U)$ est composé de $k(t; U)$ et de K , et tout $\sigma \in g_{K/k}$ ou $Z_{K/k}(|\dots|^\star)$ se prolonge par un et un seul $\sigma' \in g_{K'/k'}$ respectivement $\in Z_{K'/k'}(|\dots|'^\star)$ [où $|\dots|'^\star$ est la valuation de $K' = K^\star(t; U)$], qui sera identifié avec σ . Soient ^(*) $\alpha \in K' = K(t, U)$ et $\sigma \in Z_{K/k}$, $v_\alpha(\sigma; |\dots|^\star) = -\text{Log} |\sigma\alpha - \alpha|^\star$ sera dit le *nombre caractéristique de σ en α* . Soient

$$v_0(K/k; \alpha) < v_1(K/k; \alpha) < \dots < v_{m, \alpha}(K/k; \alpha) = +\infty$$

toutes les valeurs que prend $v_\alpha(\sigma)$, $\sigma \in Z_{K/k}$ (on vérifie l'indépendance de cet

(*) Ces résultats sont connus [tout au moins si (R/r) et (\mathcal{M}/m) sont finis], et dus à M. Ostrowski (*Math. Zeitschr.*, 39, 1934-5, pp. 321-361) et, dans le cas p -adique, à M. Hensel.

(*) La théorie *extrinsèque* de la ramification ci-dessous fut construite dans le cas galoisien pour $\alpha \in K$ par M. Krull (*Sitzungsber. d. Bayr. Akad.*, 1936, p. 225-238).

ensemble de valeurs du choix de $|\dots|^*$ $v_q(K/k; \alpha)$ [qui est rationnel par rapport au module de valuation \mathfrak{M}' de K' ; son dénominateur par rapport à \mathfrak{M}' sera noté $\delta_q(K/k; \alpha)$] s'appelle le q -ième nombre caractéristique de K/k en α . L'ensemble $Z_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ des $\sigma \in Z_{K/k}(|\dots|^*)$ tels que $v_\alpha(\sigma; |\dots|^*) \geq v_q(K/k; \alpha)$ est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\dots|^*)$, dit le q -ième hypergroupe de décomposition de K/k en α , et ses sous-hypergroupes conformes $T_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ et $V_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ de $Z_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ avec $T_{K/k}(|\dots|^*)$ et $V_{K/k}(|\dots|^*)$ seront dits les q -ièmes hypergroupes d'inertie et de ramification de K/k en α . Les ordres des $Z_q(K/k, \alpha)$, $T_q(K/k, \alpha)$, $V_q(K/k, \alpha)$ seront notés $\zeta_q(K/k, \alpha)$, $\tau_q(K/k, \alpha)$, $\nu_q(K/k, \alpha)$; et les corps $K_{q, \alpha/k} = K_q(\alpha/k; Z)$, $K_q(\alpha/k; T)$, $K_{q, k}^{(\alpha)} = K_q(\alpha/k; V)$ qui leur appartiennent seront appelés les q -ièmes corps de décomposition, d'inertie et de ramification de K/k en α . χ_σ étant le caractère dans S^* (et dans le squelette S^* de K^*) de l'isomorphisme $\bar{\sigma}$ de S/s induit par un $\sigma \in Z_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$, et $\beta_q(\sigma; K/k, \alpha, |\dots|^*)$ étant l'élément de S^* auquel appartient $\sigma\alpha - \alpha$ ou 0 suivant que $\sigma \notin$ ou $\in Z_{q+1}$, soit $e_q(\sigma; K/k, \alpha, |\dots|^*)$ le couple $(\beta_q(\sigma; K/k, \alpha, |\dots|^*), \chi_\sigma)$. L'ensemble $E_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ des $e_q(\sigma; K/k, \alpha, |\dots|^*)$, $\sigma \in Z_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ est l'ensemble des éléments de l'hypergroupe S' -extramodulimorphe (où S' est le squelette de K') d'un extramodule dans S^* , et sera identifié avec cet hypergroupe. La correspondance $\sigma_q \rightarrow e_q(\sigma)$ est un homomorphisme normal de $Z_q(K/k)$, sur $E_q(K/k)$, où $V_{q+1}(K/k)$ s'applique sur l'unité et est, ainsi, normal dans $Z_q(K/k)$. Dans cet homomorphisme $T_q(K/k)$ s'applique sur le noyau linéaire, et $V_q(K/k)$ sur l'hypergroupe moduliforme $[M_q(K/k, \alpha, |\dots|^*); S']$ de $E_q(K/k)$; ainsi $Z_q/V_{q+1} \simeq E_q$, $V_q/V_{q+1} \simeq [M_q; S']$; et, $\tilde{E}_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$ désignant le quotient propre de $E_q(K/k, \alpha, |\dots|^*)$, on a $Z_q/Z_{q+1} \simeq \tilde{E}_q$. φ_q étant le degré du champ de Galois engendré par les $\chi_\sigma(v_q(K/k; \alpha))$, χ_α parcourant le noyau linéaire de E_q par rapport au corps Ω_p de p ($p \neq 0$) éléments [donc, φ_q est un multiple de l'exposant ψ_q auquel appartient $p \pmod{\delta_q(K/k; \alpha)}$], $\nu_q \cdot \nu_{q+1} = (V_q : V_{q+1}) =$ ordre de M_q est une puissance de p dont l'exposant est multiple de φ_q , donc $\nu_q \equiv \nu_{q+1} \pmod{\delta_q}$. Ainsi tous les ν_q et, en particulier, $\nu_0 = d \cdot c$, sont puissances de p . Comme $d : d$ et $c : c = (R : \tilde{R})(\mathfrak{M} : \tilde{\mathfrak{M}})$ le sont, le défaut de ramification $\Delta_0 = d \cdot c$ l'est, ce qui est une démonstration simple du *théorème de défaut* d'Ostrowski (sauf la partie facile $\Delta_0 \geq 1$). On montre que $Z_q(K/k, \alpha)/V_{q+1}(K/k, \alpha)$ ($\alpha \in K'$) est isomorphe à un sous-hypergroupe d'un produit direct d'hypergroupes S -extramodulimorphes convenables; et que si $g_0 \supset g_1 \supset \dots \supset g_l$ est une chaîne décroissante donnée à l'avance de sous-hypergroupes de $Z_{K/k}$, il existe un $\alpha \in K$ tel que tous les g_i soient parmi les $Z_q(K/k, \alpha)$.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE ET PROBABILITÉ. — *Sur l'équation caractéristique des surfaces de probabilités* ⁽¹⁾. Note ⁽²⁾ de M. **RENÉ RISSER**.

On peut se proposer de transposer dans l'espace, tant dans le tirage des tirages non exhaustifs que dans celui des tirages exhaustifs, la méthode qui a mis en lumière l'équation caractéristique des courbes de distribution, sans perdre de vue les hypothèses faites en cours de route.

I^{er} PROBLÈME. — *On remet les boules après tirage.* — La probabilité d'extraire x boules blanches, y boules noires et z boules d'autres couleurs a pour valeur

$$(1) \quad f(x, y, z) = \frac{N!}{x! y! z!} p_1^x p_2^y p_3^z$$

(N étant le nombre des boules extraites, p_1 , p_2 , p_3 étant les probabilités d'extraction d'une blanche, d'une noire et d'une boule d'une couleur autre que blanc et noir).

Considérons le groupe G_1 , correspondant à la sortie de $(x+1)$ blanches, $(y+1)$ noires et $(z-2)$ boules d'autres couleurs, auquel l'on rattache $\Delta_{xy}^2 f(x, y)$. Si à la même unité de grandeur, adoptée pour les échelles des x et des y , l'on substitue $\sigma_x = \sqrt{N p_1 q_1}$ et $\sigma_y = \sqrt{N p_2 q_2}$, ce qui revient à remplacer l_1 et l_2 par $X \sqrt{N p_1 q_1}$ et $Y \sqrt{N p_2 q_2}$, et, si l'on passe à la limite, en supposant que l'on fait croître N indéfiniment, l'on trouve

$$(2) \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{1}{(1-r^2)^2} \times (Y-rX)(X-rY) + \frac{r}{1-r^2};$$

cette dernière expression n'est autre que $(\partial^2 z / \partial x \partial y) / z$, relative à

$$z = K e^{-\frac{(X^2 - 2rXY + Y^2)}{2(1-r^2)}}.$$

Si le nombre des tirages n'est pas extrêmement grand, on a une première approximation pour $(\partial^2 f / \partial x \partial y) / f$ en prenant $\Phi_2(x, y) / \Psi_2(x, y)$, $\Phi_2 = 0$ et $\Psi_2 = 0$ définissant respectivement une hyperbole et un système de deux droites.

On a été ainsi conduit à étudier les surfaces

$$\begin{aligned} z &= z_0 \left[1 - \left(\frac{x^2}{a^2} \right)^m - \left(\frac{y^2}{b^2} \right)^n \right]^h; & z &= z_0 e^{-\Phi_2(x, y) - \Psi_2(x, y)}; \\ z &= z_0 [1 - (ax^2 + 2bxy + cy^2)]^h; & z &= z_0 [\varphi(x) + \psi(y)], \\ \text{avec } \varphi(x) &= \frac{(x - \alpha_1)^{\alpha_1} (\alpha_2 - x)^{\alpha_2}}{a_1^{\alpha_1} a_2^{\alpha_2}}, & \psi(y) &= \frac{(y - \beta_1)^{\beta_1} (\beta_2 - y)^{\beta_2}}{b_1^{\beta_1} b_2^{\beta_2}}; \\ z &= \varphi(ax + by) \psi(a'x + b'y) \text{ et sa variante,} \\ z &= \varphi(u) \psi(v), & \text{avec } \varphi(u) &= \left(1 - \frac{u}{\lambda} \right)^\alpha, & \psi(v) &= \left(1 - \frac{v}{\mu} \right)^\beta, \\ & u &= ax + by, & v &= a'x + b'y, \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Extrait fait par l'auteur d'une Note déposée le 17 avril 1944 sous pli cacheté, ouvert à sa demande le 13 novembre 1944.

⁽²⁾ Séance du 4 décembre 1944.

à laquelle correspond

$$\frac{1}{z} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{P_2(x, y)}{P_4(x, y)},$$

P_2 et P_4 étant respectivement des fonctions du 2^e et du 4^e degré.

Le type précédent, comme le suivant,

$$z = \left(1 - \frac{u}{\lambda}\right)^\alpha \left(1 - \frac{v}{\mu}\right)^\beta e^{-\gamma w}, \quad \text{avec } u = ax + by, \quad v = a'x + b'y, \quad w = a''x + b''y,$$

conduit à

$$\frac{1}{z} \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{P_2}{P_4},$$

ces types peuvent être considérés comme une transposition dans l'espace des types de Pearson.

2^e PROBLÈME. — *On ne remet pas les boules dans l'urne après les tirages.* — On remarque que, dans l'étude du tirage de N boules d'une urne renfermant A_1 boules de la première couleur, A_2 de la seconde et A_3 de la troisième, ($A_1 > A_2 > A_3$), on peut distinguer trois hypothèses :

1^{re} hypothèse. — N est de l'ordre de A_3 , $N = k\sqrt{A_3}$ (A_3 étant très grand),

$$\frac{1}{f} \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{\Phi_2^{(2)}(x, y)}{\text{const.}}$$

2^e hypothèse. — $N = KA_3^{\frac{7+\mu}{12}}$ ($0 < \mu < 1$), les A_i étant toujours des grands nombres,

$$\frac{1}{f} \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = \frac{\Psi_2^{(2)}(x, y)}{\Psi_4^{(2)}(x, y)},$$

$\Psi_2^{(2)} = 0$ et $\Psi_4^{(2)} = 0$, représentant respectivement une hyperbole et un système de quatre droites.

3^e hypothèse. — Les A_i ne sont pas de très grands nombres, N est inférieur à A_3 , mais de l'ordre de A_3 . Si, dans le développement de $\log(n!)$, on fait intervenir le terme $1/12n$, on est ramené à une forme dérivée de celle de Edgeworth.

GÉOMÉTRIE. — *Applications des déterminants à la géométrie du tétraèdre.*

Note (1) de MM. **ROBERT BOUVAIST** et **VICTOR THÉBAULT**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Étant donné le tétraèdre de référence $T \equiv A_1 A_2 A_3 A_4$, X_i, Y_i, Z_i, T_i les coordonnées normales des sommets A'_1, A'_2, A'_3, A'_4 du tétraèdre $T' \equiv A'_1 A'_2 A'_3 A'_4$ formé par les quatre plans $l_i x + m_i y + n_i z + p_i t = 0$ ($i = 1, 2, 3, 4$), $L_i, M_i,$

(1) Séance du 31 mai 1944.

N_i, P_i les mineurs du déterminant

$$\begin{vmatrix} l_i & m_i & n_i & p_i \end{vmatrix},$$

V le volume, A_1, A_2, A_3, A_4 les aires des faces de T , V' le volume de T' , on a

$$V' = K \begin{vmatrix} X_i & Y_i & Z_i & T_i \end{vmatrix}, \quad \frac{X_i}{L_i} = \frac{Y_i}{M_i} = \frac{Z_i}{N_i} = \frac{T_i}{P_i} = \frac{3V}{A_1 L_i + A_2 M_i + A_3 N_i + A_4 P_i},$$

et, comme

$$\begin{vmatrix} L_i & M_i & N_i & P_i \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} l_i & m_i & n_i & p_i \end{vmatrix}^3,$$

si l'on pose

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} A_1 & A_2 & A_3 & A_4 \\ l_1 & m_1 & n_1 & p_1 \\ l_2 & m_2 & n_2 & p_2 \\ l_3 & m_3 & n_3 & p_3 \\ l_4 & m_4 & n_4 & p_4 \end{vmatrix}$$

et si l'on désigne par $\Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ les déterminants déduits de Δ_1 par permutations circulaires, on a

$$V' = K \frac{\begin{vmatrix} l_i & m_i & n_i & p_i \end{vmatrix}^3}{\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 \Delta_4}.$$

K se détermine en supposant T' identique à T ; d'où ⁽²⁾

$$(1) \quad V' = \frac{\begin{vmatrix} l_i & m_i & n_i & p_i \end{vmatrix}^3 \cdot A_1 A_2 A_3 A_4}{\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 \Delta_4} \cdot V.$$

Les plans parallèles aux faces $A_2 A_3 A_4, A_3 A_4 A_1, A_4 A_1 A_2, A_1 A_2 A_3$ de T menés par A'_1, A'_2, A'_3, A'_4 , T' étant un tétraèdre quelconque, forment un tétraèdre $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$, de volume φ , et les plans parallèles aux faces $A'_2 A'_3 A'_4, A'_3 A'_4 A'_1, A'_4 A'_1 A'_2, A'_1 A'_2 A'_3$ menés par A_1, A_2, A_3, A_4 un tétraèdre $\alpha'_1 \alpha'_2 \alpha'_3 \alpha'_4$, de volume φ' .

Si x_i, y_i, z_i, t_i sont les coordonnées normales de A'_1, A'_2, A'_3, A'_4 , les plans des faces $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_4, \alpha_3 \alpha_4 \alpha_1, \alpha_4 \alpha_1 \alpha_2, \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$, sont

$$\begin{aligned} lx + A_2 y + A_3 z + A_4 t &= 0 & \left(l = A_1 - \frac{3V}{x_1} \right), \\ A_1 x + my + A_3 z + A_4 t &= 0 & \left(m = A_2 - \frac{3V}{y_2} \right), \\ A_1 x + A_2 y + nz + A_4 t &= 0 & \left(n = A_3 - \frac{3V}{z_3} \right), \\ A_1 x + A_2 y + A_3 z + pt &= 0 & \left(p = A_4 - \frac{3V}{t_4} \right). \end{aligned}$$

Dès lors, en vertu de (1), et par analogie, on a les formules générales

$$(2) \quad \sqrt[3]{V^2 \varphi} = A_1 A_2 A_3 A_4 - \Sigma A'_1 A_2 A_3 A_4, \quad \sqrt[3]{V'^2 \varphi'} = A'_1 A'_2 A'_3 A'_4 - \Sigma A_1 A'_2 A'_3 A'_4,$$

où il faut appliquer la règle des signes des volumes des tétraèdres.

(2) Quelques ouvrages de géométrie analytique donnent la formule similaire dans le cas du triangle, mais nous n'avons jamais rencontré la formule (1).

2. Soient (x_i, y_i, z_i) , (x'_i, y'_i, z'_i) les coordonnées rectangulaires des sommets A_i , A'_i de T et T' . Si u et u' sont des quantités égales à l'unité, le déterminant

$$\begin{vmatrix} x_1 - x'_1 & x_2 - x'_2 & x_3 - x'_3 & x_4 - x'_4 \\ y_1 - y'_1 & y_2 - y'_2 & y_3 - y'_3 & y_4 - y'_4 \\ z_1 - z'_1 & z_2 - z'_2 & z_3 - z'_3 & z_4 - z'_4 \\ u_1 - u'_1 & u_2 - u'_2 & u_3 - u'_3 & u_4 - u'_4 \end{vmatrix}$$

est égal à zéro. On peut le décomposer en seize autres; en représentant les déterminants partiels par leur première ligne, on trouve

$$\begin{aligned} & |x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4| - |x'_1 \ x'_2 \ x'_3 \ x'_4| - |x_1 \ x'_2 \ x_3 \ x_4| + \dots \\ & + |x'_1 \ x'_2 \ x'_3 \ x'_4| - |x_1 \ x'_2 \ x'_3 \ x'_4| - |x'_1 \ x'_2 \ x'_3 \ x_4| + \dots \\ & + |x_1 \ x_2 \ x'_3 \ x'_4| + |x_1 \ x_2 \ x_3 \ x'_4| + |x_1 \ x'_2 \ x'_3 \ x_4| \\ & + |x'_1 \ x'_2 \ x_3 \ x_4| + |x'_1 \ x_2 \ x'_3 \ x_4| + |x'_1 \ x_2 \ x_3 \ x'_4| = 0, \end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$(4) \quad A_1 A_2 A_3 A_4 - \Sigma A'_1 A_2 A_3 A_4 + A'_1 A'_2 A'_3 A'_4 - \Sigma A_1 A'_2 A'_3 A'_4 + \Sigma A_1 A_2 A'_3 A'_4 = 0.$$

3. Comparant les relations (2), (3), (4), on obtient la formule

$$(5) \quad \sqrt[3]{V^2 v} + \sqrt[3]{V'^2 v'} = - \Sigma A_1 A_2 A'_3 A'_4,$$

qui étend à l'espace une intéressante relation de géométrie plane ⁽³⁾, et répond à une question déjà posée ⁽⁴⁾.

4. Si des points M_1, M_2, M_3, M_4 partagent $A_1 A'_1, A_2 A'_2, \dots$, dans le rapport $k = A_1 M_1 : M_1 A'_1, \dots$, eu égard à (4), on a la relation de volumes, en grandeur et en signe,

$$(6) \quad (1+k)^3 M_1 M_2 M_3 M_4 = (1-k) A_1 A_2 A_3 A_4 - (1-k) k^2 A'_1 A'_2 A'_3 A'_4 + k \Sigma A'_1 A_2 A_3 A_4 + k^2 \Sigma A_1 A'_2 A'_3 A'_4,$$

qui devient, pour $k = 1$,

$$8 M_1 M_2 M_3 M_4 = \Sigma A'_1 A_2 A_3 A_4 + \Sigma A_1 A'_2 A'_3 A'_4 \quad \text{et} \quad 8 M_1 M_2 M_3 M_4 = \Sigma A_1 A'_2 A'_3 A'_4,$$

quand T' est inscrit à T . Dans ce cas, si les segments $A_1 A'_1, A_2 A'_2, \dots$ concourent en P , leurs milieux M_1, M_2, \dots , sont coplanaires pour

$$\Sigma A_1 A'_1 : P A'_1 = 4$$

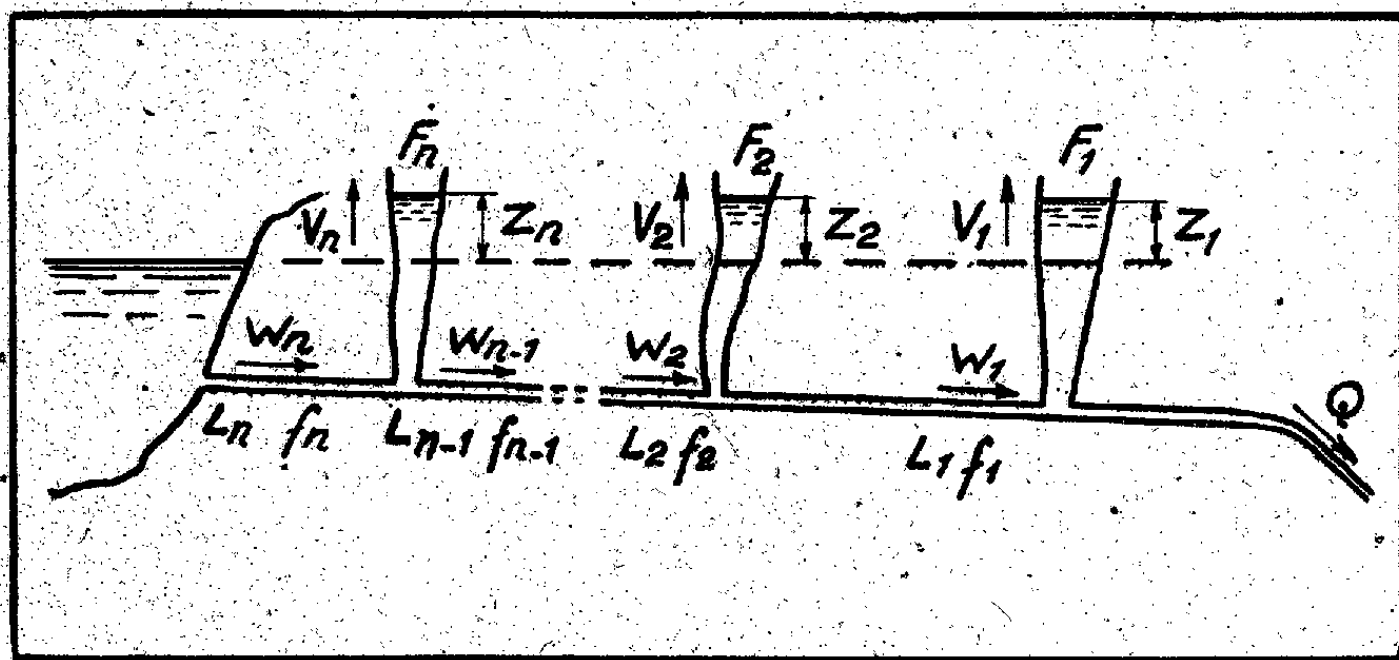
et le lieu de P est une surface du quatrième ordre anallagmatique dans l'inversion tétraédrique passant par les arêtes de T et par les intersections des faces avec le plan de l'infini.

⁽³⁾ V. THÉBAULT, *Ann. Soc. scient. de Bruxelles*, 40, 1921, p. 153.

⁽⁴⁾ V. THÉBAULT, *L'Enseignement mathématique*, 38, 1942, p. 293.

HYDRAULIQUE. — *Calcul des chambres d'équilibre multiples à section variable et à étranglement par la méthode D. F.* Note de M. **LÉOPOLD ESCANDE**, transmise par M. Charles Camichel.

Considérons un canal d'amenée sur lequel sont montées n chambres d'équilibre à étranglement, de sections F_1, F_2, \dots , variables avec la cote du plan d'eau (fig. 1).



La continuité et la considération des forces vives permettent d'écrire les $3n$ relations :

$$\begin{aligned} f_1 W_1 &= F_1 V_1 + Q, & V_1 &= \frac{dZ_1}{dt}, \\ f_2 W_2 &= F_2 V_2 + f_1 W_1, & V_2 &= \frac{dZ_2}{dt}, \\ &\dots\dots\dots & & \\ f_n W_n &= F_n V_n + f_{n-1} W_{n-1}, & V_n &= \frac{dZ_n}{dt}, \\ \frac{L_1}{g} \frac{dW_1}{dt} + Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2 &= 0, \\ \frac{L_2}{g} \frac{dW_2}{dt} + Z_2 - Z_3 + \varepsilon_2 K_2 W_2^2 + \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2 - \varepsilon'_3 \lambda_3 F_3^2 V_3^2 &= 0, \\ &\dots\dots\dots, \\ \frac{L_n}{g} \frac{dW_n}{dt} + Z_n + \varepsilon_n K_n W_n^2 &= 0. \end{aligned}$$

De ces $3n$ équations on déduit, en passant aux différences finies, les $3n$ relations :

$$\begin{aligned} (A_1) \quad f_1 W_1 &= F_1 V_1 + Q, & \Delta Z_1 &= V_1 \Delta t, & (B_1), \\ (A_2) \quad f_2 W_2 &= F_1 V_1 + F_2 V_2 + Q, & \Delta Z_2 &= V_2 \Delta t, & (B_2), \\ &\dots\dots\dots & & & \\ (A_n) \quad f_n W_n &= F_1 V_1 + \dots + F_n V_n + Q, & \Delta Z_n &= V_n \Delta t, & (B_n), \\ (C_1) \quad \Delta V_1 &= \frac{-1}{F_1} \left[V_1 \Delta F_1 + \Delta Q + \frac{g f_1}{L_1} (Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2) \Delta t \right], \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned}
 (C_{n-1}) \quad \Delta V_{n-1} &= \frac{-1}{F_{n-1}} \left[V_{n-1} \Delta F_{n-1} - \frac{g f_{n-2}}{L_{n-2}} (Z_{n-2} - Z_{n-1} + \varepsilon_{n-2} K_{n-2} W_{n-2}^2 \right. \\
 &\quad \left. + \varepsilon'_{n-2} \lambda_{n-2} F_{n-2}^2 V_{n-2}^2 - \varepsilon'_{n-1} \lambda_{n-1} F_{n-1}^2 V_{n-1}^2) \Delta t \right. \\
 &\quad \left. + \frac{g f_{n-1}}{L_{n-1}} (Z_{n-1} - Z_n + \varepsilon_{n-1} K_{n-1} W_{n-1}^2 \right. \\
 &\quad \left. + \varepsilon'_{n-1} \lambda_{n-1} F_{n-1}^2 V_{n-1}^2 - \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \Delta t \right], \\
 (C_n) \quad \Delta V_n &= \frac{-1}{F_n} \left[V_n \Delta F_n - \frac{g f_{n-1}}{L_{n-1}} (Z_{n-1} - Z_n + \varepsilon_{n-1} K_{n-1} W_{n-1}^2 \right. \\
 &\quad \left. + \varepsilon'_{n-1} \lambda_{n-1} F_{n-1}^2 V_{n-1}^2 - \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \Delta t \right. \\
 &\quad \left. + \frac{g f_n}{L_n} (Z_n + \varepsilon_n K_n W_n^2 + \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \Delta t \right].
 \end{aligned}$$

La méthode de calcul est alors la suivante :

On part des valeurs, supposées connues à l'instant t , de $Z_1, \dots, Z_n, V_1, \dots, V_n$; on connaît Q ; les relations (A) permettent le calcul de W_1, \dots, W_n .

On se donne arbitrairement une valeur de Δt .

Les relations (B) fournissent $\Delta Z_1, \dots, \Delta Z_n$; on en déduit $\Delta F_1, \dots, \Delta F_n$, ainsi que ΔQ ; les relations (C) permettent d'évaluer $\Delta V_1, \dots, \Delta V_n$.

On obtient ainsi un ensemble de valeurs correspondantes de $t + \Delta t$, $Z_1 + \Delta Z_1, \dots, Z_n + \Delta Z_n, V_1 + \Delta V_1, \dots, V_n + \Delta V_n$ et le calcul se poursuit ainsi, de proche en proche.

La même méthode est applicable dans le cas où les chambres d'équilibre reçoivent des apports de débit q_1, q_2, q_n , positifs ou négatifs, constants ou variables, les relations (A) et (C) devenant, dans ce cas :

$$(A_1) \quad f_1 W_1 = F_1 V_1 - q_1 + Q,$$

$$(A_2) \quad f_2 W_2 = F_1 V_1 + F_2 V_2 - q_1 - q_2 + Q,$$

$$\dots$$

$$(A_n) \quad f_n W_n = F_1 V_1 + \dots + F_n V_n - q_1 - \dots - q_n + Q,$$

$$(C_1) \quad \Delta V_1 = \frac{-1}{F_1} \left[V_1 \Delta F_1 - \Delta q_1 + \Delta Q + \frac{g f_1}{L_1} (Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2) \Delta t \right],$$

$$\begin{aligned}
 (C_2) \quad \Delta V_2 &= \frac{-1}{F_2} \left[V_2 \Delta F_2 - \Delta q_2 - \frac{g f_1}{L_1} (Z_1 - Z_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2) \Delta t \right. \\
 &\quad \left. + \frac{g f_2}{L_2} (Z_2 - Z_3 + \varepsilon_2 K_2 W_2^2 + \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2 - \varepsilon'_3 \lambda_3 F_3^2 V_3^2) \Delta t \right], \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (C_n) \quad \Delta V_n &= \frac{-1}{F_n} \left[V_n \Delta F_n - \Delta q_n - \frac{g f_{n-1}}{L_{n-1}} (Z_{n-1} - Z_n + \varepsilon_{n-1} K_{n-1} W_{n-1}^2 \right. \\
 &\quad \left. + \varepsilon'_{n-1} \lambda_{n-1} F_{n-1}^2 V_{n-1}^2 - \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \Delta t \right. \\
 &\quad \left. + \frac{g f_n}{L_n} (Z_n + \varepsilon_n K_n W_n^2 + \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \Delta t \right].
 \end{aligned}$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *De l'amélioration des mesures de hautes tensions au moyen des éclateurs à sphères munis de disques égalisateurs de champs.* Note ⁽¹⁾ de M. OLEG YADOFF, présentée par M. Camille Gutton.

Il existe de nombreuses méthodes de mesure des hautes tensions. Les dispositifs les plus en faveur sont les éclateurs à sphères. Néanmoins ces dispositifs présentent encore quelques inconvénients sérieux, parmi lesquels il faut mentionner les oscillations perturbatrices dues aux décharges d'un éclateur à sphère, qui se superposent aux surtensions du circuit de mesure, l'infidélité de fonctionnement due à l'échauffement de l'atmosphère entre les sphères, cet échauffement favorisant l'accroissement du degré d'ionisation, modifiant ainsi fortement les conditions physiques de production d'une nouvelle étincelle, et enfin la déformation du champ électrique contournant les sphères, surtout à l'endroit de leur fixation sur les supports isolants.

En ce qui concerne les déformations du champ contournant les sphères, nous avons déjà indiqué le procédé permettant de les corriger, dans des proportions pratiquement appréciables, lorsqu'on a à mesurer les potentiels des générateurs électrostatiques du type Van de Graef ⁽²⁾. Nous avons montré que, lorsque la sphère collectrice (un pôle quelconque de la machine) présente, autour de l'ouverture par laquelle y pénètre le support, une arête vive, l'adjonction d'un anneau qui se fixe sur ce support isolant à une distance égale aux $\frac{2}{3}$ de sa hauteur, permet de doubler la tension. Rappelons que, dans ce dernier cas (appareil d'expérience comportant une sphère de 10^{cm} de diamètre et le support isolant une tige de 5^{cm}, l'anneau étant découpé dans une surface torique), si l'on pouvait appliquer des lois de similitude entre l'appareil d'expérience et une grande sphère collectrice, par exemple de 1^m de diamètre, on devrait s'attendre à une amélioration, dans la production des tensions, dans le rapport de 1 à 2,15.

Nous avons cherché à appliquer ce procédé aux mesures des tensions industrielles, continues ou alternatives, en remplaçant l'anneau ci-dessus mentionné par un disque en métal porté à un potentiel très voisin de celui de la sphère à laquelle il est associé.

MM. Pugno-Vanoni et Di Pieri ⁽³⁾ cherchaient déjà à remédier aux inconvénients de la déformation du champ électrique par l'adjonction, de part et d'autre d'un éclateur à sphères, d'un anneau en forme de roue de bicyclette. Les résultats obtenus montrent l'efficacité de tels anneaux dans le cas de mesures en courant alternatif. L'inconvénient que présente ce système est que

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 671-674.

⁽³⁾ Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques à haute tension, Rapport 127, 1937.

les dimensions des anneaux utilisés prennent des gabarits démesurés, cinq fois ceux de la sphère, sinon l'apparition des effluves se fait sentir.

Les disques apportent une amélioration notable. Nous avons effectué toute une série d'expériences avec les éclateurs et des disques différents en relevant les courbes caractéristiques du gradient de potentiel en fonction du rapport de la distance *explosive* entre les sphères à leur diamètre. Les essais ont été faits sous tensions diverses à la fréquence de 50 p.s, ainsi que sous tensions de choc en courant alternatif et en courant continu; dans tous les cas l'une des deux sphères a été constamment mise à la terre. La détermination de la tension alternative de décharge a été relevée à l'aide d'un transformateur de potentiel convenablement étalonné et d'un voltmètre à maximum; la détermination de la valeur absolue de la tension continue a été faite au moyen de notre appareil, qui a fait déjà l'objet d'une Note précédente⁽¹⁾.

De l'ensemble des résultats obtenus avec les éclateurs munis de disques et comparés à ceux que fournissent les éclateurs sans disques, on peut conclure que les disques exercent sur le champ une influence favorable à l'obtention de lignes de forces régulièrement distribuées, et permettent, d'autre part, d'accroître la tension de décharge. Ils permettent donc non seulement d'améliorer l'exactitude des mesures, mais aussi, pour un éclateur donné, de pousser les mesures de tension à des valeurs plus élevées. De plus de tels disques constituent, de part et d'autre de l'éclateur, d'excellents écrans de protection, mettant à l'abri l'espace dans lequel les décharges se produisent contre toute sorte de perturbations d'ordre électromagnétique provenant de facteurs extérieurs des appareils et machines voisins.

Voici les proportions optima, qui semblent correspondre aux meilleurs résultats : diamètre du disque 2,15 fois le diamètre de l'éclateur, distance du disque au centre de la sphère égale au diamètre de cette dernière et enfin épaisseur du disque, de 2 à 5^{mm} suivant la valeur de son diamètre.

SPECTROSCOPIE. — Sur l'effet Zeeman des raies interdites de l'hélium. Rôle des champs électriques interatomiques. Note⁽¹⁾ de MM. **JEAN BROCHARD, PIERRE JACQUINOT** et **PHILIPPE PLUVINAGE**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé que certaines raies interdites de l'hélium présentaient une décomposition magnétique transversale identique à celles de rayonnements d'ordre supérieur : quadrupolaire⁽²⁾ pour les transitions (P — F), octopolaire⁽³⁾ pour les (P — G), et dipolaire magnétique⁽⁴⁾ pour les (P — P). Nous

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 453-455.

⁽²⁾ Séance du 27 décembre 1944.

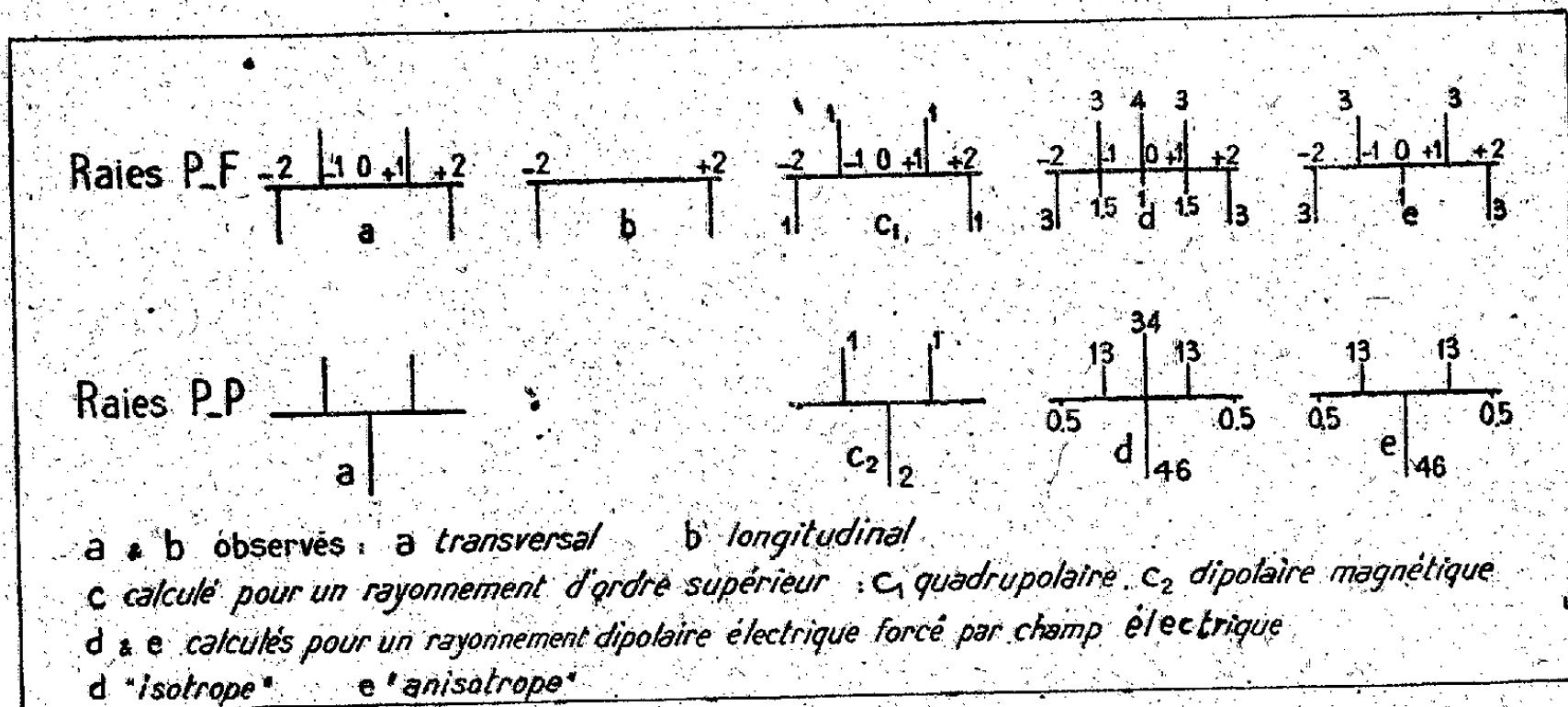
⁽³⁾ P. JACQUINOT, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 64.

⁽⁴⁾ J. BROCHARD et P. JACQUINOT, *ibid.*, 216, 1943, p. 581.

⁽⁵⁾ P. JACQUINOT et J. BROCHARD, *ibid.*, 217, 1943, p. 569.

avons signalé alors que, pour certaines de ces raies, l'intensité augmente plus vite que celle des raies normales quand on augmente l'excitation de la source. Cette *exaltation* est le caractère des raies *forcées* par les champs électriques, distribués au hasard, que les ions présents dans la décharge exercent les uns sur les autres; nous avons vérifié depuis que toutes les raies citées plus haut étaient ainsi exaltées.

Les décompositions magnétiques des raies dipolaires forcées par des champs électriques distribués au hasard et ayant des composantes moyennes égales dans toutes les directions (champs *isotropes*) sont différentes de celles que nous avons observées (*fig.* en *a* et *d*).



Nos observations d'effet Zeeman avaient presque toutes été faites avec des tubes faiblement excités; en admettant que pour ces faibles excitations la contribution du rayonnement dipolaire forcé est nulle ou très faible, on peut expliquer à la fois l'effet Zeeman obtenu et l'exaltation observée lorsqu'on peut, sans champ magnétique, appliquer des densités de puissance plus grandes.

S'il en est ainsi l'effet Zeeman doit se modifier de façon sensible (apparition de composantes), si l'on peut exciter le tube suffisamment dans le champ magnétique pour que les raies y soient exaltées. C'est ce que nous avons cherché à vérifier; nous avons construit une source très puissamment excitée et nous avons fait, simultanément et dans les mêmes conditions, des mesures d'exaltation et des clichés Zeeman. Il est très important de bien s'assurer que l'on mesure effectivement l'exaltation de la *probabilité de transition*; nous reviendrons ultérieurement sur les méthodes employées. L'étude a porté sur les raies $2^1P - 4^3F$ (4921 Å), $2^3P_{1,2} - 4^3F$ (4471 Å) et $2^1P - 5^1P$ (4383 Å), dans un champ de 7000 Gauss. La puissance appliquée au tube en présence du champ pouvait varier de 30 watts à 1500 watts : les mesures d'exaltation montrent que, dans ces conditions, les probabilités de transition passent de 1 à 6

pour les raies $P - F$ et de 1 à 3 pour les raies $P - P$. Donc, au moins pour les fortes excitations, la presque totalité de l'intensité est due au rayonnement forcé. *Quant à l'effet Zeeman, il ne subit aucune modification sensible.*

Ce résultat inattendu ne peut se comprendre qu'en admettant que la nature du rayonnement est la même pour toutes les excitations utilisées et qu'il ne s'agit ni des rayonnements d'ordre supérieurs invoqués plus haut, ni du rayonnement dipolaire forcé par un champ électrique *isotrope*. Nous avons fait aussi une observation *longitudinale*, mais uniquement (à cause du manque de luminosité), pour la raie 4921 Å à forte puissance : seules apparaissent les composantes $\Delta m = \pm 2$ (*fig. b*). On peut démontrer d'une façon générale que, pour tous les modes normaux de rayonnement (2^{e} polaire électrique ou magnétique sans champ électrique extérieur), l'effet Zeeman *longitudinal* doit être le même et donner uniquement les composantes $\Delta m = \pm 1$. Les raies sont donc bien dues à un rayonnement forcé et cependant leur effet Zeeman transversal est le même que pour les rayonnements normaux d'ordre supérieur.

De plus, la *corrélation* relevée dans le cas de la raie 4921 entre les observations transversale et longitudinale est caractéristique du rayonnement dipolaire électrique, normal ou forcé.

On peut rendre compte presque exactement de l'ensemble des phénomènes observés en supposant que le champ électrique ne possède pas de composante parallèle au champ magnétique. Les décompositions que l'on peut calculer ainsi pour les raies de singulets ⁽⁵⁾ se déduisent des décompositions calculées dans le cas d'un champ électrique *isotrope* par simple suppression des composantes qui occupent les places de celles du triplet normal : on voit sur la figure que les décompositions calculées ⁽⁶⁾ sont très semblables à celles qui ont été observées. Dans le cas des raies $R - F$, la seule différence est due à la composante $(\sigma)\Delta m = 0$, qui devrait apparaître sur les clichés si elle avait l'intensité calculée. Dans le cas de la raie $P - P$, les composantes $(\sigma)\Delta m = \pm 2$ sont trop faibles pour être observables.

Les décompositions que nous avons observées pour deux raies $P - G$, et qui sont identiques à celles de raies octopolaires, peuvent probablement s'expliquer de façon analogue.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption du sulfate de nickel* $SO_4Ni, 6H_2O$ *quadratique dans le proche ultraviolet*. Note ⁽¹⁾ de M. ROBERT TRÉHIN, présentée par M. Aimé Cotton.

Après avoir étudié ⁽²⁾ l'absorption comparée de la solution aqueuse de sulfate de nickel et du cristal orthorhombique $SO_4Ni, 7H_2O$, j'ai fait des

⁽⁵⁾ Les niveaux de triplets qui interviennent dans les raies étudiées sont suffisamment serrés pour qu'on puisse admettre que, dans le champ magnétique utilisé, ils se comportent comme des singulets.

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 558-560.

mesures analogues avec $\text{SO}^4\text{Ni} \cdot 6\text{H}^2\text{O}$ quadratique par le même procédé (photométrie photographique).

Des lames parallèles à $p(001)$ (perpendiculaires à l'axe optique) et parallèles à $m(100)$ (parallèles à l'axe optique) ont été préparées par usure et polissage à partir de cristaux très purs. Deux épaisseurs sont nécessaires afin d'éliminer, par une méthode différentielle, les erreurs qui proviendraient de la réflexion et de la diffusion. Les plus favorables sont $0^{\text{mm}},37$ et $0^{\text{mm}},50$. Les résultats ont été calculés pour l'épaisseur $0^{\text{cm}},249$, équivalente à 1^{cm} de solution aqueuse à $1,93 \text{ mol-g/l}$.

La lame parallèle à l'axe optique est plus transparente que la lame perpendiculaire à l'axe optique. Son maximum d'absorption est déplacé de 20 \AA vers les petites longueurs d'onde.

Coefficient d'extinction k . (a)

Longueur d'onde (\AA).	Solution (T. 14°, 2).	Lame parallèle.	
		(b) à $p(001)$.	(c) à $m(100)$.
4400.....	1,200	0,507	0,350
4225.....	3,733	1,404	0,988
4110.....	6,366	2,968	2,106
3950.....	9,300 _{max}	5,779	4,706
3890.....	8,820	6,205 _{max}	5,306
3870.....	8,367	6,180	5,420 _{max}
3860.....	8,100	6,110	5,391
3690.....	3,630	2,988	2,484
3610.....	1,666	1,437	1,257
3460.....	0,553	0,400	0,352

(a) Épaisseur, 1^{cm} pour la solution, $0^{\text{cm}},249$ pour le cristal.

(b) Perpendiculaire à l'axe optique.

(c) Parallèle à l'axe optique.

Remarque. — On retrouve pour le cristal quadratique la symétrie, déjà signalée dans le cas du cristal orthorhombique, de la courbe $k = f(\nu)$ par rapport à la verticale d'abscisse ν_{max} .

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de cétones aliphatiques et leur interprétation.* Note (1) de M. JEAN LECOMTE, présentée par M. Aimé Cotton.

A l'aide de trois spectromètres enregistreurs, à prisme de fluorine, de sel gemme ou de sylvine, correspondant respectivement aux domaines spectraux : 1800 à 1250 , 1250 à 700 , 700 à 525 cm^{-1} environ, nous avons étudié les spectres d'absorption d'une vingtaine de cétones aliphatiques. Ce sont des com-

(1) Séance du 27 décembre 1944.

posés assez absorbants, puisque des épaisseurs comprises entre 0,1 et 0^{mm},1 conviennent généralement bien pour mettre en évidence de nombreuses bandes. En dehors de nos déterminations antérieures [(²) et (³)], on ne rencontre de mesures que sur l'acétone, la diéthyl- et la méthyléthylcétone (⁴), de sorte qu'une étude d'ensemble sur la fonction cétonique manquait encore dans notre région spectrale.

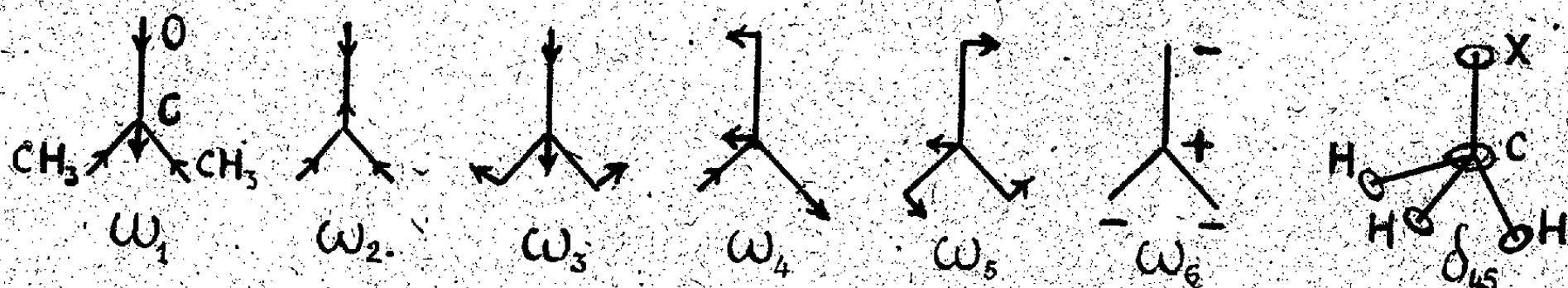
Par contre divers auteurs ont étudié l'effet Raman sur de nombreuses cétones aliphatiques (⁵), ce qui leur a permis une interprétation des spectres de vibration, que nous nous proposons de compléter ici.

Nous partirons de l'acétone, que nous représenterons par un modèle moléculaire à quatre masses (CH_3)—CO—(CH_3). On admet maintenant, pour les six modes de vibration les nombres d'onde

ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6
790	1705	489	1204 à 1224	528	390 cm^{-1}

En passant à une cétone de formule générale $\text{R} - \text{CO} - \text{R}'$ (R et R' représentant deux radicaux aliphatiques), trois maxima d'absorption conservent une position assez constante. Ils correspondent :

1° à une vibration analogue à ω_2 , produisant une forte opacité. Ainsi que nous l'avons signalé depuis longtemps (²) et que d'autres auteurs l'ont confirmé par les mesures de diffusion, elle caractérise la liaison $\text{C}=\text{O}$ et elle se place vers 1705-1730 cm^{-1} .



2° à une vibration rappelant ω_3 , qui s'observe près de 590 cm^{-1} sous forme d'une bande plus ou moins bien marquée, et qui n'avait pas encore été étudiée;

3° à une vibration correspondant à ω_4 , qui varie généralement entre 1150 et 1170 cm^{-1} .

(²) J. LECOMTE, *Thèse*, Paris, 1924; *Traité de Chimie organique*, Grignard et Baud, 2, Paris, 1936, pp. 143-293.

(³) J. LECOMTE, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1481.

(⁴) W. W. COBLENTZ, *Publication Carnegie Inst.*, n° 35, 1905, Washington (D. C.), R. TITEICA, *Thèse*, Paris, 1933; *Ann. de Phys.*, 1, 1934, pp. 583-621; D. PRICE, *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, pp. 725-728.

(⁵) K. W. F. KOHLRAUSCH et F. KÖPPL, *Z. phys. Chem.*, B, 24, 1934, pp. 370-388; K. W. F. KOHLRAUSCH et A. PONTGRATZ, *ibid.*, B, 27, 1934, pp. 176-195; M^{lle} D. BÉQUARD, *Bull. Soc. Chim. France*, 7, 1940, pp. 894-904.

Une attention particulière est à donner à la vibration semblable à ω_1 , dont la fréquence se modifie très notablement suivant la longueur et le degré de ramification des chaînes carbonées R et R'. Ainsi, avec les méthylcétone ($R = CH^3$), pour des chaînes normales R', le maximum part de 790 cm^{-1} avec l'acétone ($R' = CH^3$); il aboutit à 717 cm^{-1} avec $R' = C^6H^{11}$ et conserve aussi cette position au moins jusqu'à $R' = C^9H^{19}$. Par contre, pour des chaînes ramifiées R', la bande se trouve à des fréquences soit plus grandes, soit plus petites que celles qui correspondent à une chaîne R' non ramifiée, possédant le même nombre d'atomes de carbones.

La meilleure méthode pour obtenir une identification des maxima propres aux chaînes carbonées R et R' consiste à considérer l'une ou l'autre des parties (COR) ou (COR') comme une masse ponctuelle et à comparer le spectre de la cétone respectivement à ceux des composés $R - X$ et $R' - X$ (X représentant des groupements tels que NH^2 , OH, CH^3 , CN, Cl, Br, I). Dans ces tableaux les positions des bandes se déplacent, on le sait, assez régulièrement lorsque la masse de X varie. D'après les fréquences des maxima des cétones, il devient possible de classer leurs spectres parmi ceux des substituants X précédemment indiqués. Cette manière de procéder conduit ainsi à la détermination du *poids spectroscopique* des groupements $CO - R$ et $CO - R'$. On trouve qu'ils se placent généralement, pour la série aliphatique, dans l'ordre suivant : carbure, nitrile, cétone, mercaptan, chlorure. Ce classement présente aussi l'avantage de mettre en évidence les maxima d'absorption propres à la fonction cétonique, car ils échappent naturellement aux régularités présentées par les suites de composés $R - X$. Néanmoins, avec l'allongement des chaînes R ou R', il devient difficile d'obtenir une interprétation des nombreuses bandes qui se placent entre 800 et 1100 cm^{-1} , et qui proviennent, en grande partie, de vibrations de la chaîne carbonée.

En cessant maintenant de considérer les vibreurs CH^2 ou CH^3 comme des masses uniques, nous expliquons, comme d'habitude, les bandes voisines de 1350 et de 1450 cm^{-1} par des vibrations de déformation plane de ces groupements. Il est commode de mettre en évidence l'un des groupements CH^3 en écrivant la cétone sous la forme $CH^3 - Y$ (Y représentant le reste de la molécule). On obtient alors une comparaison intéressante avec les dérivés du méthyle, principalement en ce qui concerne une vibration notée δ_{as} dans la figure. Elle est double dégénérée tant que l'axe ternaire du groupement CH^3 représente un axe de symétrie de la molécule, et se dédouble dans le cas contraire. Nous pensons que l'une de ces composantes se place, pour les cétones aliphatiques, aux environs de 1100 à 1125 cm^{-1} . Il semble aussi que, comme pour l'acétone, la suite de bandes vers 900 cm^{-1} se rapporte à une vibration gauche $\gamma(CH)$ (*).

(*) J. LECOMTE, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 45.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'analyse élémentaire des corps organiques par la mesure des coefficients d'absorption des rayons X.* Note de MM. JEAN DEVAUX et ANDRÉ GUINIER, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons décrit ⁽¹⁾ une méthode précise et commode de mesure des coefficients d'absorption des rayons X. En vue des applications de cette méthode à l'analyse organique nous avons cherché à déterminer, avec le plus de précision possible, les coefficients d'absorption de l'hydrogène, du carbone, de l'azote et de l'oxygène. Les mesures ont été faites par comparaison avec des écrans étalons d'aluminium extra pur laminé, dont l'épaisseur, constante à moins d'un micron près, était mesurée avec une précision de 1/1000. Pour le coefficient d'absorption de l'aluminium, nous avons adopté les nombres donnés par Allen ⁽²⁾ : $\mu_{Al} = 49,0$ pour $CuK\alpha$ et $\mu_{Al} = 5,22$ pour $MoK\alpha$. Les nombres donnés ci-dessous pour μ_C , μ_N et μ_O sont déterminés en valeur relative par rapport à μ_{Al} , avec une précision au moins égale à 5/1000; μ_H , à cause de sa faible valeur, est moins bien déterminé.

Détermination de μ_C et μ_H . — Nous avons étudié une série de 6 carbures d'hydrogène liquides CH^n . Leurs coefficients d'absorption peuvent se représenter à la précision de 5/1000 par la formule

$$(12 + n)\mu_{CH^n} = n\mu_H + 12\mu_C,$$

où μ_H et μ_C sont des constantes. Ce résultat démontre la validité, à la précision de nos mesures, de la loi d'additivité des coefficients d'absorption pour les liquides étudiés.

Détermination de μ_O . — Nous avons mesuré l'absorption de 7 liquides contenant les éléments C, H et O; μ_H et μ_C étant connus, chaque mesure donne une valeur de μ_O par application de la loi d'additivité. Les déterminations de μ_O concordent, à l'approximation de 5/1000, pour les produits dont la pureté était assurée.

Détermination de μ_N . — Enfin, par la même méthode, nous avons déterminé μ_N à partir de liquides contenant de l'azote.

Le tableau suivant donne les résultats de nos mesures avec les deux longueurs d'onde $CuK\alpha = 1,539 \text{ \AA}$ et $MoK\alpha = 0,710 \text{ \AA}$. Les divergences avec les nombres précédemment admis, cités par Allen, sont très notables et dépassent de beaucoup les erreurs d'expérience.

		H.	C.	N.	O.
$CuK\alpha$	D. G.	0,70	4,28	7,10	11,25
	Allen	0,48	4,52	7,40	11,16
$MoK\alpha$	D. G.	0,53	0,56	0,89	1,22
	Allen	0,435	0,605	0,870	1,22

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 318.

⁽²⁾ COMPTON et ALLISON, *X rays in theory and experiment*, Appendix IX, p. 799.

Pour l'eau nous avons trouvé, aussi bien avec $\text{MoK}\alpha$ qu'avec $\text{CuK}\alpha$, un coefficient d'absorption d'environ 1 % inférieur au nombre calculé d'après les valeurs du tableau ci-dessus. Cette différence, faible, est indiscutablement plus grande que l'erreur possible : des mesures nombreuses, dans des conditions variées, l'ont confirmée; elle ne peut s'expliquer par une impureté de l'eau, car celle-ci contiendrait vraisemblablement des éléments plus lourds que l'oxygène et augmenterait le coefficient d'absorption. Il semble donc établi dans ce cas que la loi d'additivité des coefficients d'absorption est en défaut. Le fait est un peu surprenant, mais, d'une part, à notre connaissance, cette loi n'a jamais fait l'objet de vérifications systématiques et aussi précises que les nôtres; d'autre part, théoriquement, la loi d'additivité n'est qu'une loi approchée. Deux phénomènes perturbateurs interviennent :

1° La diffusion cohérente compte pour une proportion notable dans l'absorption des éléments légers et l'énergie totale diffusée par un ensemble d'atomes dépend de leurs positions relatives. Nous avons, dans un calcul schématique, évalué à 2 % la variation du coefficient atomique de diffusion entre l'état gazeux et l'état cristallisé pour un atome léger.

2° Dans les atomes de petit nombre atomique, l'état des électrons externes doit intervenir. Ainsi le coefficient d'absorption du mélange $(\text{F} + \text{H})$ n'est pas le même que celui de la combinaison F-H^+ . On peut attendre une variation (pour $\lambda \cong 1 \text{ \AA}$) de l'ordre du centième.

Analyse élémentaire par mesure du coefficient d'absorption. — Une mesure permet théoriquement de déterminer la composition de corps à deux éléments seulement, c'est-à-dire surtout les carbures d'hydrogène. Mais, dans ce cas, à cause de l'absorption très faible de l'hydrogène, la précision est trop faible pour que la mesure soit intéressante.

Pour un corps à trois éléments $(\text{CH}^n\text{O}^p)^m$ les mesures faites avec deux longueurs d'onde ($\text{MoK}\alpha$ et $\text{CuK}\alpha$) fournissent les deux relations indépendantes nécessaires pour trouver n et p , car le rapport des coefficients de deux éléments dépend de la longueur d'onde. Mais là encore, si p est connu avec une bonne précision, n est mal déterminé.

L'avantage de la méthode est qu'on peut opérer sur de petites quantités (quelques centimètres cubes) *sans détruire la matière*; mais il faut deux mesures, donc deux appareils.

La mesure est facile pour les liquidés, car on peut aisément réaliser une lame d'épaisseur exactement connue, mais difficile pour les solides. Enfin la possibilité, dans certains cas, d'écarts à loi d'additivité diminue la précision de la méthode.

Une application de réalisation plus simple que l'analyse élémentaire est la *vérification de la formule* d'un échantillon ou le *contrôle de sa pureté*. Une seule mesure suffit; l'absorption est très sensible à la variation de la proportion d'oxygène. Ainsi un échantillon de pinène, six mois après sa distillation, voyait son coefficient d'absorption augmenté très notablement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre le renversement des émulsions et les changements de phase des savons.* Note ⁽¹⁾ de M. FÉLIX LACHAMPT, présentée par M. Jacques Duclaux.

On sait qu'un émulsionnant soluble dans l'eau donne de préférence des émulsions du type *huile dans l'eau* (H/E), tandis qu'un émulsionnant soluble dans l'huile donne des émulsions du type *eau dans l'huile* (E/H). Un cas particulièrement intéressant pour la théorie des émulsions est celui des émulsionnants, qui, selon les proportions relatives de l'eau, de l'émulsionnant et de l'huile, donnent le type E/H ou H/E.

Les résultats ici rapportés précisent les conditions exactes de formation de l'un ou l'autre type, du moins en ce qui concerne les cas où l'on emploie un savon comme émulsionnant. Il en ressort que le facteur déterminant n'est que la concentration de l'émulsionnant dans l'eau. Ainsi se trouve définie une *concentration critique de l'émulsionnant dans l'eau*, au-dessous de laquelle l'émulsion est du type H/E et au-dessus de laquelle elle est du type E/H. De plus, et c'est là le point intéressant, la concentration critique de renversement correspond à la concentration critique de changement de phases de la solution aqueuse de l'émulsionnant. Par exemple une émulsion d'huile de paraffine, obtenue au moyen d'oléate de triéthylamine, donne des émulsions du type H/E lorsque la teneur de la phase aqueuse est inférieure à 29 %. Cette concentration critique de 29 % correspond au passage de la solution isotrope à la phase anisotrope la moins concentrée en savon, *phase médiane* (*Middle Soap* de Mc Bain).

C'est ce que nous avons vérifié sur une solution du même oléate de triéthylamine dans une étude parallèle.

Nous avons utilisé comme savon l'oléate de triéthylamine, à cause de sa solubilité dans l'huile. A 100^{cm³} d'oléate de triéthylamine nous avons ajouté 19^{cm³} d'huile de paraffine; on obtient ainsi une solution huileuse homogène, à laquelle on ajoute des quantités croissantes d'eau distillée.

Avec 5^{cm³} d'eau la solution devient rigide; vers 50^{cm³} l'émulsion n'est pas encore résoluble au microscope, mais on y remarque un aspect gaufré, laissant soupçonner l'hétérogénéité. Celle-ci s'affirme de plus en plus et les particules d'eau deviennent nettement visibles, vers 100^{cm³} d'eau. Avec 200^{cm³} d'eau l'aspect est très crémeux, mais l'émulsion est toujours du type E/H. Un ramollissement très sensible est obtenu vers 220^{cm³}, et, lorsque 240^{cm³} d'eau sont ajoutés, le renversement se produit avec une grande netteté, et l'on obtient une émulsion du type H/E, la phase continue étant l'eau, alors que précédemment la phase continue était l'huile.

Pour prouver que ce point critique de renversement est indépendant de la quantité d'huile, la même expérience a été répétée avec, de nouveau, 100^{cm³}

(¹) Séance du 27 décembre 1944.

d'oléate de triéthylolamine, mais 115^{cm³} d'huile (au lieu des 19^{cm³} de l'expérience précédente). Le retournement se fait toujours pour une même addition de 240^{cm³} d'eau, c'est-à-dire, dans les deux cas, pour une teneur en savon de 29 % dans la phase aqueuse (la fraction de savon retenue sur l'interface des gouttelettes est négligeable vis-à-vis de la quantité de savon utilisée ici).

Bien plus, en nous plaçant au-dessous, mais très près de cette concentration critique, soit à 28,5 %, et par suite dans une zone sensible au renversement, nous avons pu, en opérant avec la même quantité de savon, ajouter jusqu'à 2500^{cm³} d'huile, sans sortir du domaine H/E. De simples difficultés matérielles nous ont empêché d'aller plus loin. Dans l'émulsion très épaisse obtenue, on trouve le rapport suivant :

$$\frac{\text{Volume de la phase dispersée}}{\text{Volume total}} = 88 \%$$

La détermination du type de l'émulsion a été faite par projection, sur chaque préparation, de quelques grains de colorant soluble dans l'huile (rouge Soudan), avant l'examen au microscope. En ce qui concerne la mise en émulsion, après avoir essayé divers appareillages compliqués, nous avons reconnu que les meilleurs résultats sont obtenus à l'aide de l'appareil ménager servant à battre les œufs.

Conclusion. — On peut étendre aux solutions de savon le principe qui détermine le type de l'émulsion par la solubilité de l'émulsifiant dans l'une ou l'autre des phases, en remarquant que précisément, pour des concentrations inférieures à 29 % (solution isotrope), le savon est soluble dans l'eau, alors que, pour des concentrations plus grandes (solutions anisotropes), c'est l'eau qui doit être considérée comme dissoute dans le savon.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Influence des cyclisations supplémentaires sur les arylanthracènes : photooxydation du phénylœroxène.* Note (1) de MM. CHARLES DUFRAISSE et JEAN BAGET, présentée par M. Marcel Delépine.

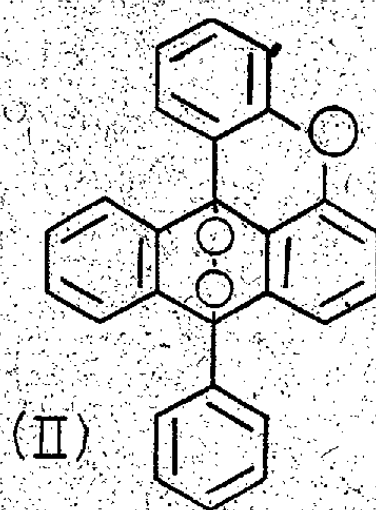
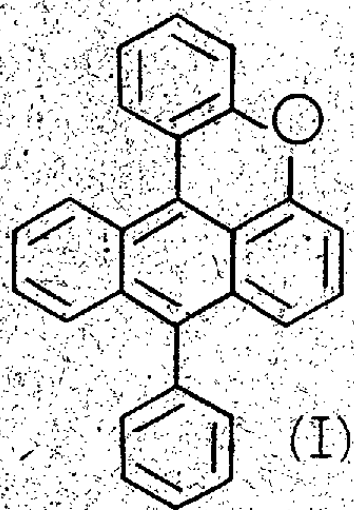
D'après les résultats antérieurs (2), une double cyclisation hexagonale entre les sommets α de l'anthracène et les aryles en méso favorise le phénomène de l'union labile de l'oxygène au carbone, alors que l'inverse a lieu avec une double cyclisation pentagonale. Mais une seule cyclisation pentagonale ne contrarie que la dissociation du photooxyde, sans gêner sa formation et même en la favorisant. Nous avons examiné l'influence d'une cyclisation hexagonale hétérogène.

Le phénylœroxène C²⁰H¹⁶O(I) est un mésodiphénylanthracène dont un

(1) Séance du 13 décembre 1944.

(2) CH. DUFRAISSE et M^{lle} M.-T. MELLIER, *Comptes rendus*, 215, 1942, pp. 541 et 576.

phényle se raccorde à l'un des cycles benzeniques extérieurs par un pont oxydique, formant ainsi une cyclisation supplémentaire hexagonale. Il offre, en outre, l'intérêt d'être l'une des sortes de corps mésodiarylantracéniques, qui étaient connues antérieurement ⁽³⁾, mais dont les photooxydes n'avaient pas été soupçonnés.



En solution, spécialement en sulfure de carbone, ce composé est très photosensible, au point qu'il a dû être préparé à la demi-obscurité. Comme certains autres corps anthracéniques, il se résinifie vite à la lumière; aussi, pour préparer son photooxyde, même avec le rendement modeste de 50 %, il faut prendre plusieurs précautions : solutions très diluées (0^g,5 par litre), arrêt de l'irradiation avant la fin de la réaction, traitements ultérieurs à l'obscurité et sans élévation de température. Ce photooxyde (II) a été obtenu en un quart d'heure d'irradiation par temps couvert du mois de février, donc avec une faible intensité lumineuse. Au soleil la réaction est bien plus rapide. La photooxydation est donc grandement favorisée par rapport à celle du mésodiphénylanthracène simple. Il en est de même pour la pyrolyse, du moins quant à la température de dissociation, qui se trouve notablement abaissée (140° au lieu de 180°). Par contre l'émission d'oxygène libre est contrariée : le rendement n'a pas dépassé 50 % et le gaz est souillé de 20 % d'anhydride carbonique, témoin d'une attaque profonde de la molécule. Il nous est même arrivé une fois de ne recueillir que de l'anhydride carbonique, dont le volume équivalait à celui de l'oxygène dans les décompositions des autres échantillons de photooxyde : tout l'oxygène libérable avait été utilisé à une combustion interne.

Ainsi l'hétérocyclisation hexagonale supplémentaire a pour effet de faciliter l'entrée de l'oxygène dans la molécule mésodiarylantracénique, mais de gêner son départ à la dissociation, alors que la décomposition thermique est activée.

En dehors de sa nature hétérocyclique, le phénylcéroxène présente aussi le caractère d'un éther oxyde phénolique α . De ce point de vue il est à rapprocher de l'éther oxyde méthylique, dont il rappelle assez le comportement ⁽⁴⁾; il s'en distingue surtout par sa plus grande sensibilité à la lumière.

⁽³⁾ DECKER, *Lieb. Ann.*, 348, 1906, p. 229.

⁽⁴⁾ CH. DUFRAISSE, L. VELLUZ et R. DEMUYNCK, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 111.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Amino-alcools à noyau naphthalénique. Influence du noyau sur la structure spatiale des substituants dans la chaîne latérale.*
Note ⁽¹⁾ de M. **RAYMOND CALAS**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lorsque l'on hydrogène le (méthylamino-1, propylone-1,)-1 benzène, la formation de l'un ou l'autre des stéréoisomères prévus par la théorie (éphédrine et pseudoéphédrine) dépend essentiellement du procédé de réduction.

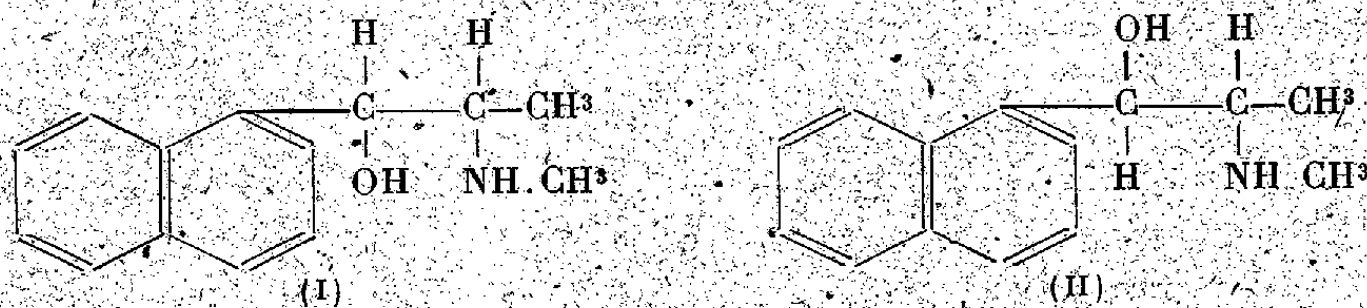
D'autre part chacun de ces amino-alcools chauffés en tube scellé en présence d'acide chlorhydrique se transpose partiellement en son stéréoisomère; on observe finalement un équilibre, qui s'établit pour une proportion à peu près égale des chlorhydrates des deux dérivés.

Il semble donc qu'aucune des deux formes ne soit nettement favorisée par rapport à l'autre, et ceci nous paraît s'accorder avec le fait que le noyau benzénique ne peut avoir d'influence sur la position respective de l'hydroxyle et du radical méthylaminé; en effet, dans ce noyau, tout est symétrique par rapport à la chaîne latérale.

Si notre conception est exacte, il ne doit pas en être de même en remplaçant le noyau benzénique par le noyau du naphtalène et, dans ce dernier cas, suivant que la substitution est effectuée en position 1 ou en position 2.

Nous avons préparé le (méthylamino-1, propylone-1,)-1 naphtalène et le (méthylamino-2, propylone-2,)-2 naphtalène, dont nous avons effectué la réduction suivant divers procédés : hydrogénation à l'amalgame de sodium, hydrogénation catalytique des bases libres, hydrogénation catalytique des chlorhydrates sous une légère pression d'hydrogène.

Dans le cas du dérivé 1-naphthalénique, seule l'hydrogénation du chlorhydrate a donné des résultats satisfaisants, les autres procédés amenant la destruction de la molécule. Le produit de réduction est constitué par un mélange des chlorhydrates des deux amino-alcools stéréoisomères (I) et (II) qui ont été séparés par cristallisation fractionnée dans le chloroforme, puis dans l'acétone. L'un, F 310°, à peu près insoluble, est retrouvé en très petite quantité; le



deuxième, plus soluble, fond à 188°. Leur structure propre n'a pu être déterminée; on peut seulement la situer, par rapport aux homologues benzéniques, suivant une hypothèse basée sur un caractère extrêmement net, la différence

(¹) Séance du 27 décembre 1944.

de solubilité des chlorhydrates dans le chloroforme. Le sel F 310° correspondrait ainsi au chlorhydrate d'éphédrine, le dérivé F 188° au chlorhydrate de la pseudoéphédrine.

En série 2-naphtalénique tous les procédés de réduction nous ont conduit à un seul et même amino-alcool (chlorhydrate F 242°, très peu soluble dans le chloroforme même bouillant). De même un seul homologue 2-(tétrahydro-5.6.7.8) naphtalénique, déjà signalé par nous ⁽²⁾, a pu être obtenu.

Toutes les tentatives d'isomérisation, effectuées par chauffage des chlorhydrates de ces divers amino-alcools en présence de solutions d'acide chlorhydrique à diverses concentrations, ont échoué, soit que l'on retrouve le produit initial, soit qu'une solution fortement concentrée d'acide chlorhydrique ait amené une dégradation de la molécule (cas des dérivés 1-naphtaléniques).

En conclusion, les résultats obtenus pour les homologues benzéniques ne sont pas retrouvés en série naphtalénique. La présence d'un noyau dissymétrique par rapport à la chaîne latérale paraît avoir une influence importante sur la structure spatiale des substituants dans cette chaîne, dans le cas des dérivés en position 2, où un seul stéréoisomère, résistant à toutes les tentatives de transposition, a pu être préparé par les divers procédés de réduction mis en œuvre, que le noyau soit naphtalénique ou partiellement saturé.

	Base	C	P
[Méthylamino-1 ₂ propylone-1 ₁]-1 naphtalène	huileuse	F 218°	F 175°
[" -2 ₂ " -2 ₁]-2 " "	"	181	190
[" -2 ₂ " -2 ₁]-2 tétrahydro-5.6.7.8 naphtalène ⁽²⁾	"	236	146
[" -1 ₂ propylol-1 ₁]-1 naphtalène (I)	F 127°	188	95
[" -1 ₂ " -1 ₁]-1 " (II)	103	310	195
[" -2 ₂ " -2 ₁]-2 " "	150	242	180
[" -2 ₂ " -2 ₁]-2 tétrahydro-5.6.7.8 naphtalène ⁽²⁾	113	193	110

C, chlorhydrate; P, picrate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés nouveaux des benzophénarsazines*. Note ⁽¹⁾ de MM. **BUU-HOI**, **HIONG-KI-WEI** et **RENÉ ROYER**, présentée par M. Marcel Delépine.

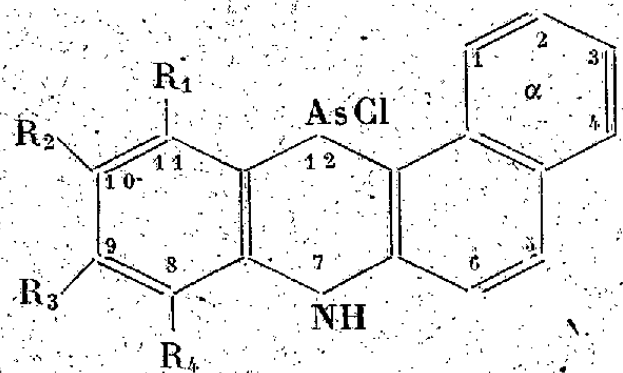
Il a été montré que certaines substances possédant un squelette analogue à celui du benzanthrène-1.2 (telles que les benzacridines) sont douées de propriétés inhibitrices vis-à-vis des hydrocarbures cancérogènes ⁽²⁾. Nous avons été amenés ainsi à nous intéresser aux dérivés des benzophénarsazines α et γ , dont la structure n'est pas sans analogie avec celle du benzanthrène-1.2. Peu de

⁽²⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1942, p. 261.

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

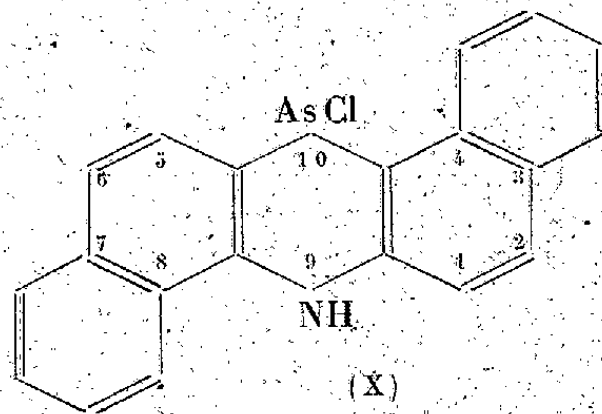
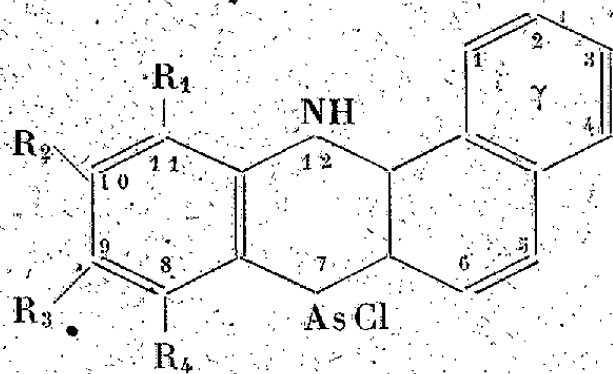
⁽²⁾ A. LACASSAGNE, BUU-HOI, J. LECOQ et RUDALI, *C. R. Soc. Biol.*, 1945 (sous presse).

travaux ont été effectués jusqu'ici sur de pareils corps. Lee Lewis et Hamilton⁽³⁾,



- (I) $R_1 = R_2 = R_4 = H, R_3 = CH^3$;
- (II) $R_1 = R_2 = R_3 = H, R_4 = CH^3$;
- (III) $R_1 = R_3 = H, R_2 = R_4 = CH^3$;
- (IV) $R_3 = H, R_1 = R_2 = R_4 = CH^3$;
- (V) $R_1 = R_2 = R_3 = H, R_4 = Cl$;
- (VI) $R_1 = R_2 = R_4 = H, R_3 = Cl$.

faisant agir le trichlorure d'arsenic sur la phényl- α naphtylamine, obtiennent la chloro-7-dihydro-7.12-benzophénarsazine- γ ; Burton et Gibson⁽⁴⁾ ont effectué une réaction analogue avec la phényl- β -naphtylamine (selon une technique meilleure) et ont obtenu la chloro-12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α et deux de ses homologues; enfin, un brevet⁽⁵⁾ signale la préparation des chloro-dihydrodibenzophénarsazines correspondants à l' α -et à la β -dinaphtylamines.



- (VII) $R_1 = R_3 = R_4 = H, R_2 = CH^3$;
- (VIII) $R_2 = R_3 = R_4 = H, R_1 = CH^3$;
- (IX) $R_2 = H, R_1 = R_3 = R_4 = CH^3$.

Nous décrivons dans le présent travail la synthèse et les propriétés principales de toute une série de substances analogues des précédentes, et qui ont été obtenues en faisant agir Cl^3As sur des phényl-naphtylamines substituées. Les dérivés ainsi obtenus sont en général des corps jaune citron ou jaune orangé, se décomposant à la fusion en laissant un résidu charbonneux. Au point de vue physiologique, ils sont beaucoup moins toxiques que l'adamsite (chloro-dihydro-phénarsazine), mais occasionnent encore des intoxications arsenicales lorsqu'ils sont introduits dans l'organisme. Par oxydation ménagée, ils sont transformés en oxydes symétriques; par oxydation brutale au contraire, ils sont transformés en acides azarsiniques. L'action des organomagnésiens fera l'objet d'un autre Mémoire; enfin signalons l'analogie de structure entre le corps (X) et le dibenzanthracène-1.2.5.6 qui est cancérogène.

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 2219; nous utilisons dans ce travail la notation de ces auteurs.

(4) *J. Chem. Soc.*, 1926, p. 2243.

(5) Brevet allemand, n° 281049 de Bayer et Co.

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — 1° *Méthyl-9-chloro-12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{17}H^{13}NClAs$ (I), 10^g de *m*-tolyl- β -naphtylamine, 7^g,6 de Cl^3As et 30^{cm} d'*o*-dichlorobenzène anhydre sont chauffés au reflux pendant 5 à 6 heures. Après refroidissement, on essore le corps formé et le recristallise dans le tétrachloréthane; on obtient ainsi, avec des rendements de 95 %, de fines aiguilles jaune orangé F 271°, se dissolvant dans l'acide sulfurique en rouge orangé. 2° *Méthyl-10-chloro-7-dihydro-7.12-benzophénarsazine- γ* , $C^{17}H^{13}NClAs$ (VII), obtenue à partir de la *m*-tolyl- α -naphtylamine; cristaux jaune citron F 235°, se dissolvant dans SO^4H^2 en rouge orangé. 3° *Méthyl-8-chloro-12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{17}H^{13}NClAs$ (II), fines aiguilles jaune citron F 227°, obtenue à partir de l'*o*-tolyl- β -naphtylamine; SO^4H^2 donne une couleur orangée. 4° *Méthyl-11-chloro-7-dihydro-7.12-benzophénarsazine- γ* , $C^{17}H^{13}NClAs$ (VIII), obtenue à partir de l'*o*-tolyl- α -naphtylamine; aiguilles jaune vif F 208°, donnant une coloration orangée avec SO^4H^2 . 5° *Diméthyl-8.10-chloro-12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{18}H^{15}NClAs$ (III), obtenue à partir de la *m*-xylyl- β -naphtylamine; fins cristaux jaune ocre, F 269°, se dissolvant en rouge orangé dans SO^4H^2 . 6° *Triméthyl-8.10.11-chloro-12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{19}H^{17}NClAs$ (IV), fines aiguilles jaune orangé F 260°, obtenues en partant de la pseudocumyl- β -naphtylamine (⁶); SO^4H^2 donne une coloration rouge orange. 7° *Triméthyl-8.9.11-chloro-7-dihydro-7.12-benzophénarsazine- γ* , $C^{19}H^{17}NClAs$ (IX), cristaux jaune foncé F 222°, obtenus en partant de la pseudocumyl- α -naphtylamine (⁶); SO^4H^2 donne une coloration rouge sang. 8° *Dichloro-8.12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{16}H^{10}NCl^2As$ (V), on chauffe 8 heures un mélange de 5^g d'*o*-chlorophényl- β -naphtylamine, 3^g,6 de Cl^3As et 15^{cm} d'*o*-dichlorobenzène au reflux et traite comme d'ordinaire; poudre microcristalline jaune clair F 260°, se dissolvant en orangé clair dans SO^4H^2 . 9° *Dichloro-9.12-dihydro-7.12-benzophénarsazine- α* , $C^{16}H^{10}NCl^2As$ (VI), obtenue en partant de la *m*-chlorophényl- β -naphtylamine; microcristaux jaune citron F 265°; SO^4H^2 colore en jaune orangé. 10° *Chloro-10-dihydro-9.10-dibenzophénarsazine-3.4.7.8*, $C^{22}H^{13}NClAs$ (X), obtenue en traitant pendant 8 heures à l'ébullition 14^g d' α,β -dinaphtylamine par 9^g,5 de Cl^3As dans 25^{cm} d'*o*-dichlorobenzène; fins cristaux jaune foncé F 309°, se dissolvant dans SO^4H^2 en rouge framboise. 11° *Acide méthyl-10-dihydro-7.12-benzophénarsinique- γ* , $C^{17}H^{14}O^2NAs$ [schéma (VII) dans lequel $AsCl$ est remplacé par AsO^2H], une solution chaude de 0^g,5 de (VII) dans 20^{cm} d'acide acétique est traitée par 5^{cm} de H^2O^2 à 20 volumes pendant 10 minutes à l'ébullition. On collecte par refroidissement une poudre microcristalline qui, après dessiccation, présente une couleur blanc jaunâtre, ne fond pas au-dessous de 350°, et se dissout en jaune vert, virant au violet noir foncé de suite. Les acides analogues obtenus en oxydant les corps (I) à (X) possèdent des propriétés voisines [leur formule se déduit des schémas (I) à (X) en remplaçant $AsCl$ par AsO^2H]. 12° *Oxyde de méthyl-10-dihydro-7.12-benzophénarsazine- γ* ($C^{17}H^{13}NAs-O-AsC^{17}H^{13}N$), (VII) est dissous dans le xylène, et on ajoute l'oxyde d'Ag; le précipité gris cendre obtenu est recristallisé dans l'acide acétique. On obtient une poudre blanc grisâtre se dissolvant dans SO^4H^2 en rouge, et charbonnant à la chaleur sans fondre. Des oxydes analogues ont été obtenus avec les autres chloro-dihydrobenzophénarsazines ci-dessus décrites.

L'étude biologique des corps qui précèdent (au point de vue cancérigène ou inhibiteur) est actuellement en cours.

(⁶) BUU-HOI et J. LECOCQ, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 792.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'absence de la raie de grand espacement dans les diagrammes aux rayons X des fractions argileuses de certains sols.* Note de M. **ROGER MICHAUD**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les fractions argileuses de certains sols de la région méditerranéenne, préparées par la méthode internationale (traitement à l'eau oxygénée pour détruire les matières organiques et à l'acide chlorhydrique dilué pour détruire les carbonate terreux, puis peptisation par la soude) ou par la méthode Demolon (eau oxygénée, pas de traitement par l'acide chlorhydrique, peptisation au citrate de soude), donnent aux rayons X (tube contenant la préparation et tournant dans le faisceau X) des diagrammes de diffraction qui ne présentent essentiellement que les raies *communes* aux types fondamentaux d'argile (kaolinite, montmorillonite et *attapulgit*), auxquelles s'ajoutent parfois les raies du quartz et aussi de la calcite. Mais nous n'avons jamais pu observer avec ces sols une raie de grand espacement réticulaire (9 à 15 Å) qui permettrait de caractériser le constituant argileux fondamental du sol considéré. Des sols podzolitiques provenant d'autres régions de la France nous ont par contre donné la raie de grand espacement qui est caractéristique de la kaolinite (7 Å environ).

Comme cette raie de grand espacement correspond à la périodicité (001) dans l'empilage des feuillets d'argile, son absence pourrait être interprétée comme l'indice, soit d'anomalies dans cet empilage, soit, par analogie avec les remarques de Ulrich Hofmann⁽¹⁾, d'une subdivision de l'empilage en paquets d'épaisseur trop mince pour donner une raie (001) assez intense.

D'autre part on sait que la sédimentation d'une argile oriente celle-ci⁽²⁾ et que les raies de diffraction obtenues sont plus fines et parfois plus nombreuses que sans sédimentation. Nous avons donc pensé qu'en effectuant une nouvelle sédimentation lente (la sédimentation opérée lors de l'extraction des fractions argileuses étant en effet troublée par les traitements ultérieurs : séparation, filtration etc.), les feuillets d'argile pourraient se réorganiser les uns sur les autres en reconstituant un empilage à périodicité régulière susceptible de donner alors aux rayons X une raie de grand espacement.

L'essai a été effectué sur des fractions argileuses préparées, soit par M. Cerighelli (trois terres d'alluvions de la Camargue), soit par M. Drouineau (quatre sols gneissiques de la Vallée de la Siagne). Une suspension légère de ces fractions est abandonnée à l'évaporation à naturelle; un fragment de la croûte séchée est passée aux rayons X (rayonnement K—Cu) comme un cristal oscillant, le faisceau X arrivant parallèlement à la surface de sédimentation.

(¹) *Z. anorg. allg. Chem.*, 247, 1941, p. 65; *Die Chemie*, 12 septembre 1942, p. 1.

(²) S. HÉNIN, *Thèse*, Paris, 1938.

Sur les diagrammes des sept sols ci-dessus apparaissent maintenant, avec netteté, des raies de grand espacement. Les distances réticulaires correspondantes indiquent la présence de kaolinite ou d'un mélange d'attapulgite et de kaolinite (cas des terres de la Camargue et de certains sols de la Siagne).

Pour caractériser aux rayons X les constituants argileux des sols, on a donc intérêt à orienter au préalable, par sédimentation, les fractions argileuses extraites de ces sols.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur la formation des méristèmes secondaires dans les tissus végétaux cultivés in vitro.* Note ⁽¹⁾ de M. **ROGER GAUTHERET**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les anatomistes ont observé depuis longtemps que les méristèmes secondaires apparaissent généralement à la limite de deux tissus de nature diffé-

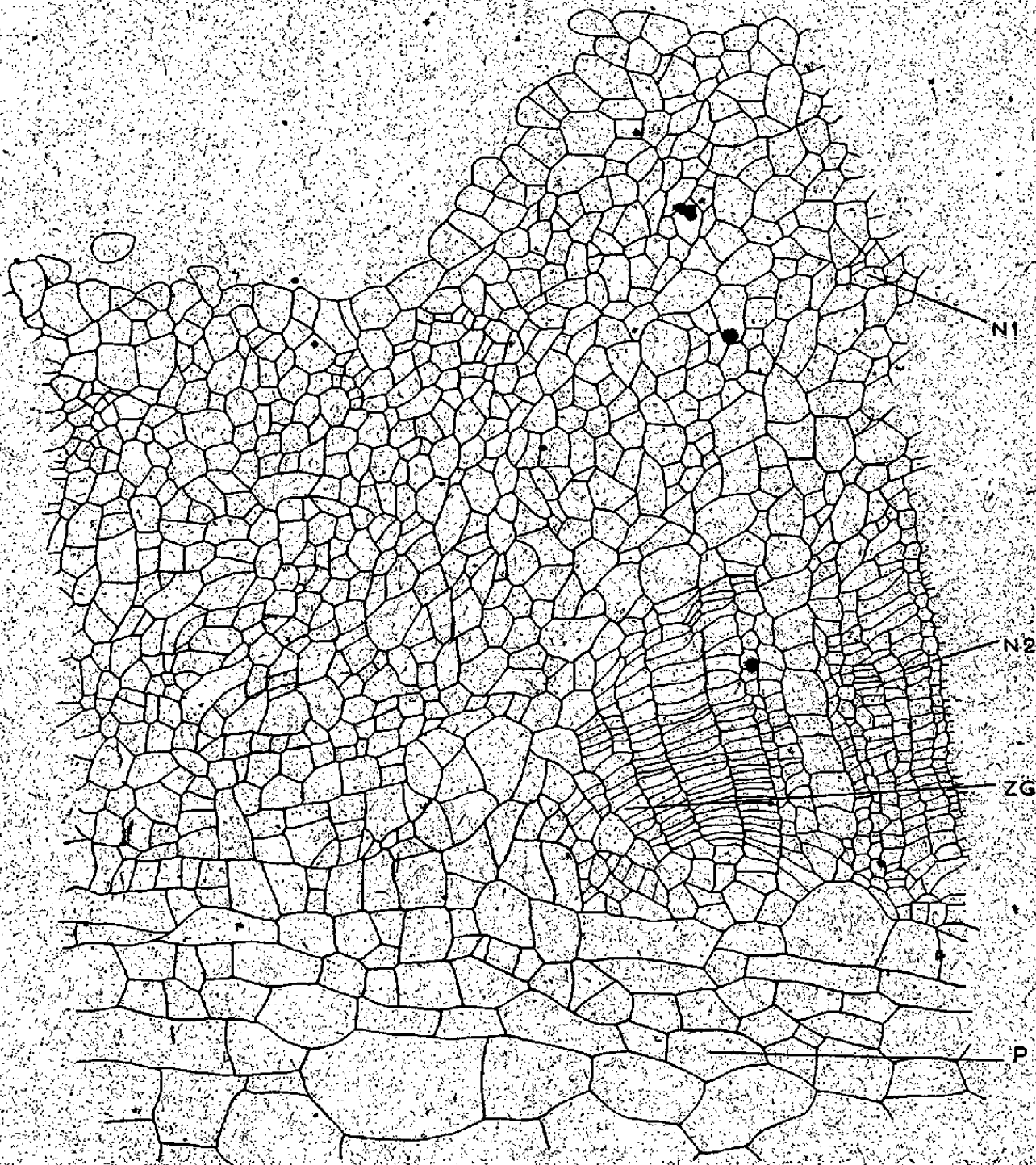


Fig. 1. — Coupe pratiquée dans un fragment de parenchyme vasculaire de Carotte ayant été cultivé pendant 50 jours.

Le fragment a proliféré pour donner, au début, un tissu homogène (N1); puis, entre ce tissu homogène et le tissu préexistant (P), il est apparu une zone génératrice (ZG) qui a produit de nouvelles couches de tissu (N2).

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

rente ⁽²⁾. Cette remarque fut le point de départ d'une théorie remarquable due à Priestley ⁽³⁾, et d'après laquelle la formation des assises et zones génératrices serait due à des différences de pH existant entre des tissus distincts. Il nous a paru intéressant de vérifier la généralité du fait principal sur lequel repose cette théorie et de rechercher, en particulier, si la formation des méristèmes secondaires dans les tissus cultivés *in vitro* suit les règles qui s'appliquent dans le cas des plantes entières.

Nos premières observations ont porté sur le parenchyme vasculaire de la racine de Carotte. En étudiant la prolifération spontanée de fragments de ce tissu, nous avons constaté que les régions périphériques se différencient pour donner un parenchyme homogène (*fig. 1*) puis qu'entre le tissu néoformé ainsi produit et le tissu préexistant, il apparaissait une zone génératrice libéroligneuse. Cette zone génératrice proliférait aussitôt pour donner vers l'intérieur (c'est-à-dire du côté du tissu préexistant) un parenchyme vasculaire pourvu de vaisseaux, et vers l'extérieur un parenchyme libérien.

Nous avons réalisé des observations analogues en étudiant la formation de périclerme par des fragments de tissus d'Endive. Nous avons en effet constaté que, au début de la culture, les cellules superficielles se lignifiaient, puis qu'entre ces cellules ligneuses et les régions profondes il apparaissait une assise génératrice (*fig. 2*) produisant vers l'intérieur un phelloderme d'aspect normal, et vers l'extérieur des assises de cellules plates simulant un liège.

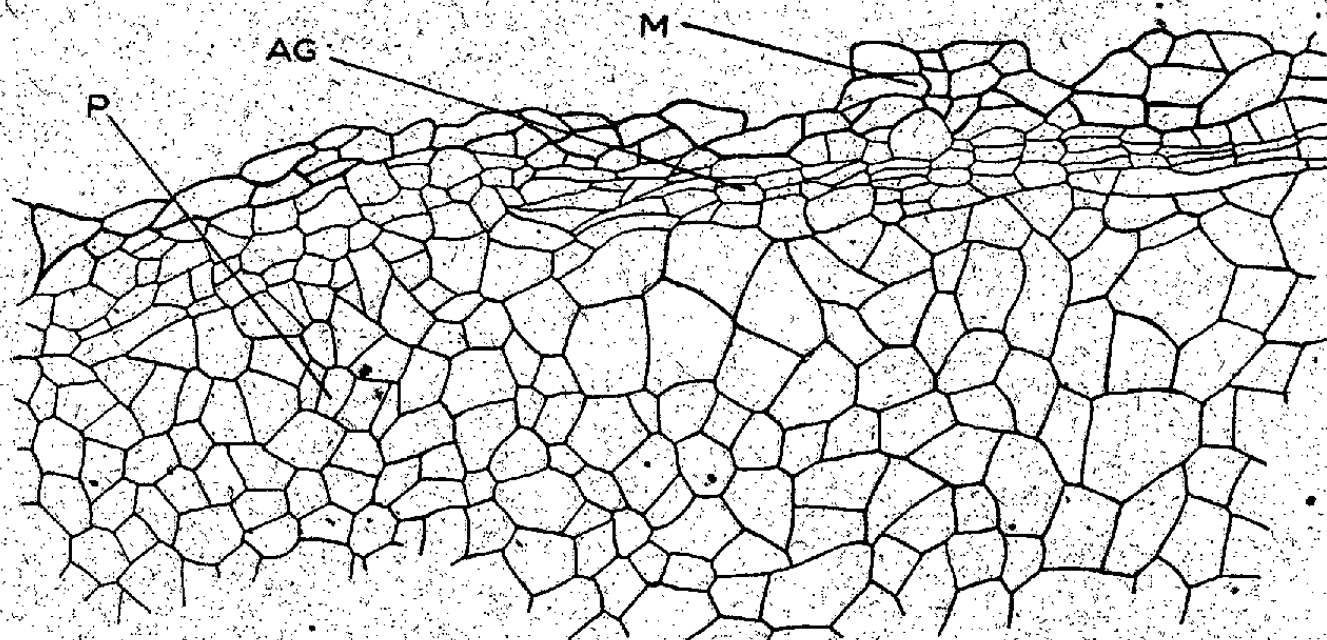


Fig. 2. — Coupe pratiquée dans un fragment de parenchyme vasculaire d'Endive ayant été cultivé pendant 14 jours.

Au début les cellules superficielles se sont lignifiées et nécrosées (M); puis, entre ces cellules et les régions profondes (P), une assise génératrice du type subéro-phellodermique est apparue (AG).

Nous avons enfin considéré la formation de zones génératrices dans des tissus soumis à l'action d'hétéro-auxines. Ces expériences ont porté sur le liber de :

⁽²⁾ Rappelons par exemple le cas classique de la racine de Lupin blanc, dans laquelle il apparaît une zone génératrice entre les massifs criblés primaires et les vaisseaux superposés également primaires.

⁽³⁾ *The New Phytologist*, 22, 1923 p. 185.

Carotte et le parenchyme vasculaire de Topinambour, qui ne se développent pratiquement pas en l'absence de substance de division, mais qui prolifèrent sur des milieux additionnés d'acides indole ou naphthyle acétique. Au début de la culture leurs parties périphériques proliféraient pour donner un parenchyme homogène; puis, au sein de ce tissu néoformé, il se différenciait des massifs de vaisseaux plus ou moins aberrants.

Enfin des zones génératrices libéroligneuses apparaissaient entre ces massifs vasculaires et le tissu néoformé dans lequel ils avaient pris naissance.

En résumé, les méristèmes secondaires, qui se forment dans les tissus cultivés *in vitro*, apparaissent constamment à la limite de deux régions de nature différente. Les règles établies pour les plantes entières s'appliquent donc au cas des cultures de tissus.

MYCOLOGIE. — *Sur quelques variations morphologiques provoquées chez Sterigmatocystis nigra Cramer 1859.* Note ⁽¹⁾ de MM. **AUGUSTE** et **RENÉ SARTORY**, et **BENOIT WURTZ**.

Nous avons eu ⁽²⁾ l'occasion de rapporter les résultats obtenus en irradiant dans certaines conditions, une souche de *Sterigmatocystis nigra* Cramer 1859 : la production de l'appareil périthécien se montra constante; d'autre part un certain nombre de formes de souffrance (lésions protoplasmiques, têtes aspergillaires à phialides géantes etc.) affectant l'appareil végétatif et producteur purent être observées et décrites en détail. Ces modifications apparaissent régulièrement si l'on irradie le champignon dans des conditions constantes.

Nous avons été amenés ainsi à rechercher si ces modifications étaient uniquement imputables à l'action de l'irradiation et, dans l'affirmative, de préciser dans quelle mesure intervenait la nature des constituants du milieu.

Le milieu qui a servi à nos précédentes recherches présente une composition chimique définie et renferme : 1° la constante saline de Czapek apportant les électrolytes indispensables à toute croissance; 2° une source carbonée unique, le glucosé à raison de 3%; 3° une source azotée unique, minérale, le sulfate d'ammonium à raison de 0,5%. Ce milieu est solidifié par addition de 8‰ de gélose.

La constante saline et la source carbonée restant invariables, nous avons fait varier la source azotée en substituant, tour à tour, au sulfate d'ammonium du nitrate de potassium, de l'urée ou de la peptone. Les essais ont été faits d'une part sur milieu solide, de l'autre sur milieu liquide; les prélèvements opérés sur ce dernier milieu intéressent les uns la surface, les autres la profondeur; au moment où l'on pratique les prélèvements, les cultures ne dépassent pas

⁽¹⁾ Séance du 23 octobre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 247 et 328.

48 heures. Les observations faites dans ces conditions peuvent se résumer ainsi :

1° En aucun cas nous ne notons l'apparition de périthèces; les appareils conidiens sont bien formés, présentant des phialides de proportions normales et un protoplasme homogène; les articles mesurent en moyenne 10^μ de long sur 2 à 4^μ de large, qu'il s'agisse de cultures sur milieux solides ou liquides (surface); ils sont beaucoup plus courts (2 à 3^μ) dans les parties immergées du mycélium; c'est là un phénomène général bien connu, le cloisonnement augmentant toujours notablement par suite de l'immersion.

2° Sur chacun des milieux apparaissent des éléments en forme de massues, prenant fortement les colorants (bleu C4 B, thionine etc.); les dimensions sont variables, en moyenne 80^μ de long sur 8^μ de large; exceptionnellement 200 à 300^μ de long sur 12^μ de large. Certains s'insèrent latéralement sur les filaments d'épaisseur normale et s'élargissent ensuite en spatules. Ces éléments, que nous avons eu l'occasion d'observer déjà sur des cultures irradiées, ne sont donc pas provoqués par l'action du radium; leur présence semble au contraire liée à la nature du milieu utilisé, étant donné qu'il n'apparaissent pas sur milieu de Raulin. Peut-être faut-il incriminer le milieu de Czapek, fort pauvre en sels si on le compare au liquide de Raulin. Quant à leur signification, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses : il est fort possible que ces éléments représentent des ébauches de conidiophores avortés ou détournés de leur rôle normal par une cause qui nous échappe. Les raisons qui militent en faveur de cette manière de voir sont les suivantes :

a. les éléments *en massues* apparaissent en même temps que les filaments conidiophores entre la 16^e et la 24^e heure;

b. ils ont des dimensions équivalentes et existent uniquement en surface (sur les milieux liquides) comme les conidiophores;

c. dans quelques cas nous observons l'un de ces organes volumineux qui, au lieu de s'élargir en spatule, se termine par un goupillon, véritable tête aspergillaire privée de conidies;

3° nous avons en outre décelé la présence d'organes beaucoup plus petits dont le rôle paraît encore plus obscur; ces éléments ont été observés sur les milieux solides et notamment sur celui qui contenait du sulfate d'ammonium. Il s'agit de petites sphères de 4 à 5^μ de diamètre, prenant fortement le colorant, portées par des filaments très longs et grêles (10 à 15^μ sur 1^μ), insérés eux-mêmes sur des articles normaux voisins. Ces sphères grossissent avec l'âge et finissent par laisser échapper leur protoplasme dans les cultures âgées de 48 heures. De même que pour les organes précédents, leur existence ne paraît pas avoir attiré l'attention des morphologistes jusqu'à présent.

Nous nous croyons donc en droit de conclure qu'en dehors de toute irradiation la composition du milieu de culture, notamment en ce qui concerne les électrolytes, peut provoquer des modifications morphologiques importantes chez *Sterigmatocystis nigra*.

PHYTOPHYSIOLOGIE. — *Structure et composition glucidique des tubercules de Topinambour*. Note ⁽¹⁾ de M. **HENRI BELVAL** et M^{lle} **SIMONE LÉMOYNE**, présentée par M. René Souèges.

Le dosage rigoureux des glucides des Topinambours n'est pas une opération facile. La rapide déshydratation des tubercules, la destruction possible du lévulose au cours de l'hydrolyse acide sont des causes d'erreur qu'on a déjà maintes fois signalées. Il en est une autre à laquelle on n'a pas jusqu'ici prêté attention et qui tient à la structure des organes.

La composition glucidique des diverses parties des tubercules est en effet très loin d'être homogène. On s'en rend compte immédiatement au moyen du réfractomètre. Les prélèvements effectués à la périphérie, jusqu'à une profondeur de 4 à 5^{mm} environ, fournissent toujours, à quelque variété que l'on s'adresse, des jus dont l'indice de réfraction se montre très nettement supérieur à celui des jus provenant des parties centrales. Pour la variété commune, irrégulière et plus ou moins arrondie, on trouve par exemple, vers la mi-novembre, $n = 1,365$ à la périphérie et $n = 1,352$ au centre, preuve évidente que ce dernier est plus pauvre en substances solubles, sels, matières azotées, glucides. C'est bien ce que confirment les pourcentages du poids sec, qui atteignent dans le premier cas 22 % et seulement 16 % dans le second.

Le taux des cendres variant peu, comme aussi celui de la teneur en azote, c'est surtout aux glucides qu'il faut attribuer cet écart. De fait, dans l'exemple choisi, il y en a près de 14 % à la périphérie, contre 10 % environ au centre. Il est à remarquer, en outre, que l'évolution de l'inuline, c'est-à-dire sa transformation progressive en saccharose et en satellites, est d'autant plus accentuée qu'on gagne vers le milieu du tubercule, le pouvoir rotatoire du mélange glucidique demeure encore négatif dans les parties externes, alors qu'il est déjà franchement dextrogyre tout à fait à l'intérieur.

Il suit de là qu'on ne saurait prendre trop de précautions pour homogénéiser les prises d'essai destinées aux analyses. En particulier il n'est pas indifférent, surtout pour les variétés communes, généralement arrondies, de choisir, dans un lot de même provenance, de petits ou de gros tubercules, ni, sur un même tubercule, de traiter les extrémités ou les parties de plus grand diamètre, la richesse glucidique croissant, comme on pouvait le prévoir, en même temps que la surface. Les nombreuses données réfractométriques que nous possédons, toutes contrôlées par la détermination du poids sec et le dosage du sucre total, ne laissent aucun doute à cet égard.

C'est à la structure des Topinambours qu'il faut rapporter ces différences. On sait que la racine de Betterave renferme d'autant plus de saccharose qu'elle

(¹) Séance du 27 décembre 1944.

est plus vascularisée; les fourragères abondent en parenchyme conjonctif, les sucrières s'en distinguent par le développement de leur tissu conducteur, réparti en anneaux plus ou moins serrés à partir du centre. Dans le tubercule de Topinambour, qui n'est autre chose qu'une tige hypertrophiée, c'est au contraire la moelle, formée de cellules non différenciées, qui prend un accroissement exagéré, tandis que le système vasculaire se trouve rejeté et strictement localisé dans les parties externes, où il s'étale à la façon d'un réseau, peu dense d'ailleurs, encerclant la moelle. Or c'est précisément cette région périphérique qui se montre la plus riche.

On comprend ainsi que les variétés dites *Fuseau* à moelle peu volumineuse, présentent des pourcentages en glucides plus élevés que les variétés communes plus rondes, et que les *Hélianthus* (*Helianthus macrophyllus*), réduits à n'être plus que de simples rhizomes à peine renflés, l'emportent sur toutes les autres formes.

Sans parler des matières azotées, il n'est pas jusqu'aux cendres qui, en quantité et en qualité, ne se comportent comme dans la Betterave, plus abondantes là où le sucre est en déficit, plus chargées de bases insolubles là où dominent les glucides et aussi le ligneux.

A titre de contrôle, voici quelques-unes de nos analyses. Poids sec, sucre total et cendres y sont calculés pour 100^g d'organes frais; n est l'indice de réfraction observé à l'appareil et $[\alpha]_D$ le pouvoir rotatoire moyen initial du mélange glucidique.

Variété		n	Poids sec.	$[\alpha]_D$	Sucre total.	Cendres.	$\frac{\text{Alcalinité sol.}}{\text{Alcalinité ins.}}$
violette	périphérie..	1,365	22,4	- 5	13,9	2,05	4,2
	centre.....	1,352	16,4	+ 3	10,0	4,38	9,2
jaune	périphérie..	1,362	19,4	+ 5	11,5	1,10	2,1
	centre.....	1,347	12,5	+ 8	7,2	3,40	7,0
Fuseau.....		1,369	25,2	- 13	13,8	3,42	5,4
Hélianthi.....		1,377	29,4	+ 21	16,3	3,39	3,7

Il apparaît ainsi que le réfractomètre, grâce à la rapidité avec laquelle il permet de se faire une idée de la composition des tubercules, est appelé à rendre les plus grands services au sélectionneur; quant au producteur d'alcool, il en tirera autant profit que le sucrier en industrie betteravière.

BIOLOGIE AGRICOLE. — Sur une forme nouvelle d'Orge à deux rangs.

Note (1) de M. CHARLES CLÉMENCET, présentée par M. Louis Blaringhem.

En décembre 1944 M. Pichot, agriculteur à Bazoches-en-Dunois, nous faisait parvenir un épi d'Orge d'aspect très particulier, provenant d'un iso-

(1) Séance du 27 novembre 1944.

lement effectuée il y a trois ans à partir d'un lot commercial de la variété Orge d'or, et maintenu en culture depuis cette époque. Comme nous avons pu nous en convaincre, il ne s'agissait donc pas d'une de ces malformations isolées de caractère passager, comme on en rencontre de temps à autre dans les cultures, mais bien d'une variété stable, dont tous les caractères se transmettent héréditairement à l'ensemble des descendants. Rien n'existe d'approchant dans la Collection des 400 variétés réunies par la S. E. C. O. B. R. A. H. (Société d'Encouragement de la culture des Orges de brasserie et des Houblons en France), et d'autre part nous n'avons pas trouvé mention, dans les ouvrages antérieurs, d'une orge semblable à celle dont nous donnons ici la description.

Avant tout examen de détail de cet épi, ce qui frappe au premier abord, c'est son aspect irrégulier. Alors que, dans un épi d'Orge normal, les articles du rachis (c'est-à-dire les entrenœuds de l'axe de l'inflorescence) sont égaux ou subégaux, ils présentent, chez le type décrit, une variabilité extrême, tant au point de vue de la dimension que de la forme. Les uns restent allongés, mais acquièrent des courbures plus ou moins prononcées, d'autres se contractent à l'extrême ou se dilatent latéralement, le tout sans aucun ordre. Le raccourcissement et la courbure d'un grand nombre d'articles du rachis entraînent le chevauchement de certains grains qui, ne pouvant se développer dans l'axe de l'épi, s'intercalent latéralement, déterminant le déplacement des épillets stériles latéraux et un gauchissement du plan de symétrie de l'épi. En fait l'épi, tout en restant distique (il n'y a pas d'apparition de grains supplémentaires, nuls épillets latéraux devenant fertiles), prend l'aspect d'une Orge polystique ayant végété dans de mauvaises conditions.

Mais l'anomalie la plus intéressante est celle qui affecte les épillets, tant fertiles que stériles. Si l'on examine par la face ventrale (glumelle supérieure) un grain provenant d'un de ces épis, on constate qu'une portion de l'amande du grain apparaît par une très large fente affectant le sillon médian où vient se loger l'axe d'épillet. Cette solution de continuité de la glumelle supérieure est d'autant plus visible que la surface de l'amande présente, dans cette région, une coloration brun foncé qui tranche nettement avec l'aspect pailleux de la pellicule qui, par ailleurs, adhère fortement au caryopse.

En décortiquant le grain avec précaution, on peut constater que la glumelle ventrale a subi un dédoublement et est remplacée par deux pièces symétriquement disposées de chaque côté du grain, que le développement de ce dernier écarte l'une de l'autre, de façon à ménager entre les deux cette fente dont nous avons signalé l'existence. Quant à l'axe d'épillet, généralement très grêle, il reste logé dans le sillon et présente des traces évidentes de régression : raccourcissement, bilobation ou même avortement complet. Comme nous l'avons vu plus haut, les épillets latéraux stériles suivent la même irrégularité de disposition que les grains. En outre, le pédoncule formé par la soudure de la base des glumes et de la partie inférieure de l'axe d'épillet est très allongé.

La glumelle dorsale, bien développée, souvent falciforme, a son extrémité lancéolée; pouvant même porter un mucron assez prononcé. Quant à la glumelle ventrale, nous retrouvons la même anomalie que chez l'inflorescence fertile, c'est-à-dire l'apparition de deux pièces foliacées, placées de part et d'autre du rachillet (axe d'épillet). Ce dernier présente aussi des irrégularités dans le développement; en particulier, nous avons pu observer sa transformation en une écaille très semblable aux deux demi-glumelles ventrales.

S'agit-il d'une mutation apparue dans la variété Orge d'or ou d'une impureté qui aurait préexisté dans la semence originelle? Il est difficile, sinon impossible, de le dire, étant donnée l'ignorance où nous sommes quant à la pureté générale du lot d'origine. On doit néanmoins signaler que, tant par les petits caractères de l'épi que par ceux du grain, cette orge s'écarte notablement du type Orge d'or. Il est vrai qu'une mutation qui affecte si profondément la constitution de l'inflorescence peut avoir des répercussions sur les caractères secondaires de l'épi, tels que la pilosité ou la présence d'épines.

*Remarques au sujet de la Note de M. CLÉMENTET,
par M. LOUIS BLARINGHEM.*

Il s'agit d'une mutation type; l'hérédité est constatée sans défaillance durant trois générations; les variations sont nouvelles et n'ont été constatées sur aucune variété d'Orges à deux rangs, ni sur les grains soumis à l'analyse périodique au laboratoire depuis 1889 à Svalöf (Suède), depuis 1902 par la Société d'Encouragement à la culture des Orges de brasserie et des Houblons en France, lesquelles contrôlent la fixité des caractères tous les ans pour des récoltes de milliers d'hectares. C'est une anomalie dont l'Orge à 6 rangs a fourni un exemple avec *Hordeum trifarcatum* L., variation très stable en toutes régions tempérées depuis sa culture remontant à des siècles dans l'Inde.

L'essentiel de la mutation est la condensation extrême des articles du rachis fournissant des épis de densité 45 et plus, alors que les densités du *Hordeum distichum* L. oscille entre 20 et 33. Le groupement en bouquet parfois de 3 épillets fertiles à la pointe n'est pas un caractère emprunté à l'Escourgeon; d'ailleurs, dans toutes les hybridations où l'Escourgeon (*Hordeum tetrastichum*) intervient, le caractère dispersé des épines sur la glumelle inférieure dorsale domine ou laisse des traces, absentes ici. De plus l'écartement en deux pièces de la glumelle ventrale (supérieure) est une vérification très rare de la définition donnée dans les diagrammes des fleurs de Graminées de la valeur double de cet organe. Il est ici accusé sur la grande majorité des épillets.

C'est une *mutation par condensation* de grappe et torsion dont Hugo de Vries⁽²⁾

(2) *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 127.

a étudié un exemple très important décrit à l'Académie, *Dipsacus sylvestris torsus*. On en a des cas fréquents dans la culture du *Dipsacus fullonum* aux environs de Pacy-sur-Eure, dont j'ai constaté la fixité partielle. Pour ce cas, comme pour celui de l'Orge décrite par M. Clémencet, il y a lieu de tenir compte de la remarque de H. de Vries⁽³⁾, qu'elle peut être le résultat de la dégénérescence, par vieillesse, d'une lignée Orge d'or, régulièrement auto-fécondée. Pour retenir l'attention sur ce parallélisme je propose le nom *Hordeum distichum* L. var. *torsum* à la nouveauté de l'Orge à deux rangs.

ZOOLOGIE. — *Évolution par variation du nombre des phases de croissance chez les Mollusques Limaciens*. Note (1) de M. MARCEL ABELOOS, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez diverses espèces d'Arionidés⁽²⁾ et chez trois espèces du genre *Limax*⁽³⁾, la période de croissance se subdivise en phases successives, caractérisées chacune par un *taux de croissance* (accroissement journalier du logarithme du poids) constant, par un état déterminé de l'appareil génital et souvent aussi par d'autres phénomènes morphologiques. J'ai distingué : 1° une phase infantile, correspondant à un état rudimentaire de tout l'appareil génital ; 2° une phase juvénile, qui s'accompagne du développement de la glande hermaphrodite ; 3° une phase de maturité, caractérisée par le fonctionnement de la gonade et le développement corrélatif de la glande de l'albumine. Ces trois phases sont homologues dans les deux familles de Limaciens, bien que les taux de croissance des Arionidés soient trois fois plus élevés que ceux des *Limax*.

L'étude d'un autre genre de Limacidés, le genre *Agriolimax*, révèle une forme assez différente de croissance pondérale. Chez la Loche grise, *Agriolimax agrestis* L., une première phase de croissance, débutant à l'éclosion (poids moyen 4^{ms}), est caractérisée par un taux particulièrement élevé (0,04 en moyenne à 20°). Cette phase ne dure guère plus d'un mois et, lorsque l'animal atteint un poids voisin de 100^{ms}, le taux de croissance s'abaisse brusquement à 0,01. La croissance se poursuit, à un taux qui peut encore s'abaisser ultérieurement, jusqu'au poids maximum, qui dépasse souvent 1^g. La ponte peut commencer 4 mois après la naissance.

La première phase de croissance rapide d'*A. agrestis* ne peut être assimilée à une phase infantile. En effet, dès l'époque de l'éclosion, il est possible de

(3) *Ann. of Botany*, 13, 1899, p. 395.

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) M. ABELOOS, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 96.

(3) M. ABELOOS, *Ibid.*, 217, 1943, p. 159.

mettre en évidence, par la dissection, la glande hermaphrodite déjà différenciée et bien visible, grâce à sa coloration violacée. La gonade s'accroît dès lors activement et atteint, à la fin de la première phase de croissance, son poids relatif maximum (environ 1/30 du poids du corps). C'est à ce moment que commence le développement de la glande de l'albumine, jusque-là rudimentaire. L'abaissement du taux de croissance au quart de sa valeur primitive est donc corrélatif de la puberté et les deux *phases* successives de croissance d'*Agriolimax agrestis* correspondent respectivement à la phase juvénile et à la phase de maturité des Limaciens précédemment étudiés.

Agriolimax (*Hydrolimax*) *lævis* Müller, le plus petit des Limacides, présente une première phase de croissance très rapide (taux 0,03 ou 0,04), analogue à celle d'*Agriolimax agrestis*; puis la croissance se poursuit à un taux beaucoup plus faible jusqu'à la ponte, qui survient dans certains cas très précocement, pour un poids corporel à peine supérieur à 100^{mg}, trois mois seulement après l'éclosion. La durée de la seconde phase (maturité) est donc plus réduite que chez *A. agrestis*. De ce point de vue la différence entre *A. lævis* et *A. agrestis* est comparable à celle qui sépare *Limax flavus* de *Limax maximus* (²).

Comparé au développement des *Limax*, le développement des *Agriolimax* est caractérisé : 1° par sa rapidité, qui est peut être en relation avec le régime alimentaire, comportant, comme celui des Arions, des feuilles vertes ; 2° par la suppression de la phase infantile de croissance et l'importance de la croissance durant la phase de maturité.

Les variations du type de croissance à l'intérieur d'un groupe zoologique peuvent donc porter non seulement sur les taux caractéristiques des différentes *phases* de croissance et sur les durées relatives de ces phases, mais encore sur leur nombre. J'ai observé un cas analogue de disparition de la phase infantile chez un Arionidé, *Carinarion circumscriptus* Johnst., dont la première phase de croissance, beaucoup plus lente que celle des autres Arionidés, est une phase juvénile et non infantile.

Cette variation du nombre des phases de croissance implique une modification des *corrélations* entre les divers phénomènes physiologiques marquant le développement : éclosion, prépuberté, puberté, croissance globale, croissance relative des divers organes. Ainsi l'éclosion coïncide avec la prépuberté chez *Agriolimax*, tandis qu'elle la précède de quelques mois dans le genre *Limax*. De telles transformations, affectant le plan général du développement post-embryonnaire, ont dû intervenir à maintes reprises dans l'évolution des groupes animaux. A la suppression des premières phases du développement correspond le passage d'un développement à métamorphoses à un développement direct, tandis que la suppression des dernières phases du développement caractérise l'évolution par pædomorphose (constitution d'un type nouveau dont l'organisation adulte reproduit l'organisation larvaire du type originel).

BIOLOGIE EXPERIMENTALE. — *La rétention, expérimentalement provoquée, dans les tubes de Malpighi entrave la nymphose des chenilles du Bombyx mori L.*
Note ⁽¹⁾ de M. JEAN-JACQUES BOUNHIOL, présentée par M. Maurice Caullery.

Des expériences de ligature du corps de Vers à soie au dernier âge ⁽²⁾ ont révélé que la région centrale de ce corps était moins précocement apte à la nymphose, ou était plus longtemps inhibée, que les extrémités.

Les résultats d'expériences où variait l'étendue de la partie centrale (Soc. Biol., Bordeaux, 26 juillet 1944) ont montré que la cause de cette inhibition paraissait résider entre les segments abdominaux n° 3 et n° 8. Cela m'a suggéré que l'appareil excréteur malpighien, qui s'étend dans ces limites, pouvait intervenir.

Une expérimentation chirurgicale sur ces organes profonds et fragiles s'est heurtée à de nombreuses difficultés, mais a pu cependant être réalisée avec des succès assez nombreux pour permettre un premier compte rendu.

Les conduits terminaux de l'appareil malpighien ont été sectionnés entre deux ligatures, ou simplement liés, près de leur confluent avec l'intestin.

Cette opération a été pratiquée sur des vers d'âges échelonnés : en période d'alimentation facultative (quelques jours avant le filage); en montée, au moment de la dernière défécation (vidage); un jour après ce vidage.

Résultats. — Les vers opérés avant la montée vivent un certain temps, défèquent mais ne mangent pas, puis meurent sans filer ni se métamorphoser (9 cas).

Les vers opérés 18 à 24 heures après la dernière défécation se nymphosent presque tous (10 cas sur 12).

Les vers opérés pendant la période intermédiaire, c'est-à-dire celle précédant la dernière défécation, ou la suivant immédiatement, ne se nymphosent que très rarement (2 cas sur 25).

Or les expériences de ligature du corps entier *dans la région moyenne* avaient prouvé que cette époque (12 à 24 heures après vidage) constitue un âge critique, avant lequel on ne peut pas obtenir de demi-nymphes et passé lequel on obtient la métamorphose de part et d'autre de la ligature.

C'est aussi peu avant cette même époque que doivent être posées les ligatures doubles provoquant la nymphose des extrémités sans nymphose du centre. Les tubes de Malpighi élimineraient donc des produits nuisibles à la nymphose, peut-être l'hormone inhibitrice elle-même.

Cette élimination serait terminée, ou suffisamment avancée, 18 ou 24 heures après la dernière défécation.

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 203.

Mais ces vers opérés à cet âge critique nous présentent des faits encore plus intéressants :

S'il est très rare que les vers en rétention urinaire depuis la montée se nymphosent, il est fréquent, en revanche, (15 cas sur 25) que ces mêmes sujets présentent des nymphoses localisées ou des amorces, des ébauches de nymphose qui ne progressent pas.

Voici les principaux degrés observés; des cas intermédiaires existent.:

1° Les tergites nymphaux de Th3 et Abd1 se forment et au-dessus d'eux la peau larvaire se détache, mince, plissée, (exuvie typique). Aucune transformation du côté ventral.

2° Les segments Th2, Th3, Abd1 et Abd2 sont nymphosés et peuvent être dépouillés de l'exuvie larvaire, aussi bien dorsalement que ventralement. La tête et le thorax 1 ne se transforment pas; vers l'arrière, la nymphose s'atténue progressivement, et l'exuvie, fine en avant, se continue par une peau de plus en plus charnue, qui, à partir d'Abd3 ou Abd4, ne peut être séparée des tissus sous-jacents.

3° Toute la région antérieure, tête comprise, jusqu'aux segments Abd3 ou 4, se transforme: les appendices sont formés; y compris des moignons d'ailes.

4° La nymphose est générale sauf, parfois, au niveau de la cicatrice, où l'on peut supposer qu'elle est empêchée par les lésions locales.

Les opérations de contrôle, même précoces, et les opérations unilatérales donnent une forte proportion de nymphoses, normales. Elles n'ont jamais donné de nymphoses locales.

Conclusion. — La communication entre les tubes de Malpighi et l'intestin ne peut être supprimée avant la 18^e ou 24^e heure qui suit la dernière défécation (c'est-à-dire 36 ou 40 heures après la montée) sans compromettre la nymphose.

La précocité et l'intensité plus ou moins grande de l'excrétion malpighienne chez les différents individus d'une part, et la sensibilité particulière des divers territoires et tissus aux facteurs nymphogène et inhibiteur d'autre part, pourraient expliquer les ébauches de nymphose et les nymphoses localisées observées après les opérations pratiquées lors de la montée.

MICROBIOLOGIE. — *Dissociation d'Eremothecium Ashbyii Guilliermond.*

Note de MM. **GEORGES ARRAGON**, **JEAN MAINIL**, **ROBERT REFAIT** et **HENRI VELU**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au 3^e Congrès International de Microbiologie (1939) Westerdijk J. et H. A. Diddiens rappelaient que les variations des souches types de champignons sont un phénomène très général. Nous l'avons étudié chez *Eremothecium Ashbyii*.

Nos essais, poursuivis depuis 1942, ont porté sur deux souches dérivées du

même isolement d'origine, effectué en 1935 par Guilliermond ⁽¹⁾ : l'une provenait du Laboratoire de la Sorbonne; l'autre, à thalle fortement teinté, du Central Bureau de Baarn. La première n'a jamais présenté de dissociation tant qu'elle a été cultivée sur moût gélosé; elle donnait alors, en fiole de Roux, des colonies géantes, jaunes, chagrinées, membraneuses, difficilement dissociables, qui ont pâli de plus en plus jusqu'au jour où elles sont devenues presque blanches, sans jamais présenter de zones plus colorées ou plus pâles.

L'emploi d'un autre milieu, milieu Renaud gélosé ⁽²⁾, modifié par l'addition de bouillon de viande, a fait brusquement surgir, à la suite d'un ensemencement à la pipette, une dissociation du type homogène d'origine en trois races distinctes, orange, jaune et blanche. D'autre part, contrairement à ce qui se passait jusqu'alors, on vit apparaître dans les colonies géantes, moins vigoureuses, moins chagrinées, plus aisément dissociables, soit une gradation de la pigmentation, plus accusée avec l'âge, depuis le centre plus clair jusqu'à la périphérie orange ou même rouille, soit des secteurs aberrants irréguliers, jaunes, oranges ou blancs, soit même des colonies secondes blanches ou jaunes.

Ces modifications de la pigmentation, que L. Pünkari et A. Henrici ⁽³⁾ attribuent à un gradient métabolique radial, se transmettent assez régulièrement par repiquage à partir des colonies géantes, âgées de plusieurs semaines, 4 à 6, sans qu'on puisse les considérer comme une véritable variation héréditaire.

Nous avons pu ainsi obtenir, à partir de zones orange, une race fortement pigmentée, qui, en colonies géantes isolées, laissait diffuser, dans le milieu, des quantités de riboflavine beaucoup plus importantes que les colonies jaunes ou blanches, mais qui est revenue finalement au type d'origine.

Par contre, lorsqu'on réalise avec ces mêmes zones une suspension en sérum physiologique composée de fragments de thalle et de spores, finement divisée, ce qui est relativement facile lorsqu'il s'agit de colonies anciennes, et que l'on ensemence avec une dilution convenable sur gélose au décocté de Carottes, en fioles de Roux de 1^l, de façon à obtenir des colonies nombreuses mais bien isolées, on est frappé par l'aspect non homogène de la culture obtenue, constituée par un mélange de colonies blanches, qui se pigmentent du 5^e au 7^e jour, les unes en orange, d'autres plus nombreuses en jaune, auxquelles viennent alors s'ajouter des colonies plus petites qui restent blanches : les unes ternes, rugueuses, plissées; les autres, luisantes, crèmeuses, simulant des contaminations microbiennes dont la texture membraneuse les distingue nettement. Dans l'ensemble, elles sont tellement différentes les unes des autres que, rencontrées dans la nature, on serait tenté de les classer comme espèces distinctes. Le même phénomène de dissociation se reproduit spontanément.

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1556.

(2) RENAUD et LACHAUD, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 498.

(3) *J. of Bact.*, 26, 1933, 125.

ment en fiole de Roux, lorsqu'une goutte d'eau de condensation se répand à la surface de la gélose après avoir traversé une colonie géante sur milieu Renaud gélosé modifié.

La coloration de la gélose sous-jacente à chaque colonie, due à la diffusion de la riboflavine, dénonce une activité biochimique d'intensité très variable, que les repiquages en bouillon Renaud modifié permettent de contrôler : très grande pour les souches orange et jaune ; moins intense et plus tardive pour les souches blanches.

Les subcultures, sur des milieux nutritifs variés et dans des conditions culturales différentes, montrent que les caractères de ces dissociations ne se conservent généralement pas. Sur gélose au décocté de Pommes de terre on assiste à un retour immédiat au type blanc crèmeux, plus lent sur moût gélosé. Sur gélose au décocté de Carottes, c'est la variété jaune qui semble plus durable. La gélose au bouillon Renaud est plus favorable à la pigmentation orange ; mais seule la sélection, à chaque repiquage effectué à partir de colonies âgées, assure une stabilité d'ailleurs relative.

En somme, il suffit de changer le milieu et le mode d'ensemencement pour mettre en évidence des variations plus ou moins durables de la pigmentation d'*Eremothecium Ashbyii*, avec modifications concomitantes de la flavinogenèse ; ces variations présentent les mêmes caractères que celles de *Serratia marcescens*, décrites sous le nom de mutations ⁽⁴⁾ ou de diverses bactéries désignées sous le nom de « saltations » ⁽⁵⁾, mais auxquelles le terme de *simili-mutations*, employé par L. Punkari et A. Henrici ⁽⁶⁾ pour définir les changements transitoires de couleur de *Torula pulcherrima*, semble mieux convenir. Il ne s'agit pas en effet d'une modification stable, d'une apparition de races nouvelles, comme dans les expériences de G. Nádson ⁽⁷⁾ sur les levures, mais bien plutôt d'une dissociation en plusieurs types morphologiques, comme celle de *Candida albicans* étudiée par G. Mackinnon ⁽⁷⁾ si fréquente et si importante chez les champignons. *Eremothecium Ashbyii* n'échappe pas à la règle.

Dans toutes les études sur la flavinogenèse, il convient donc de tenir compte de cette aptitude à la dissociation en plusieurs races d'activité biochimique très différente, comme du retour plus ou moins rapide au type initial selon les milieux.

La séance est levée à 16^h 30^m.

A. Lx.

⁽⁴⁾ BEIJERINCK, *Folia Mikrobiologica*, 1, 1912, p. 1.

⁽⁵⁾ NIRULA, *Ann. Botany*, 42, 1928, p. 431.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1875.

⁽⁷⁾ *J. inf. Dis.*, 66, 1940, p. 59.

ERRATA.

(Séance du 31 juillet 1944.)

Note de M. *Alfred Kastler*, Sur la validité des règles de classification des raies Raman dans les cristaux :

Page 168, entre les lignes 14 et 15, *lire* La superposition en accord de phase fournira une oscillation S de la maille, la superposition en opposition de phase fournira une oscillation A de la maille.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

• SÉANCE DU LUNDI 8 JANVIER 1945.

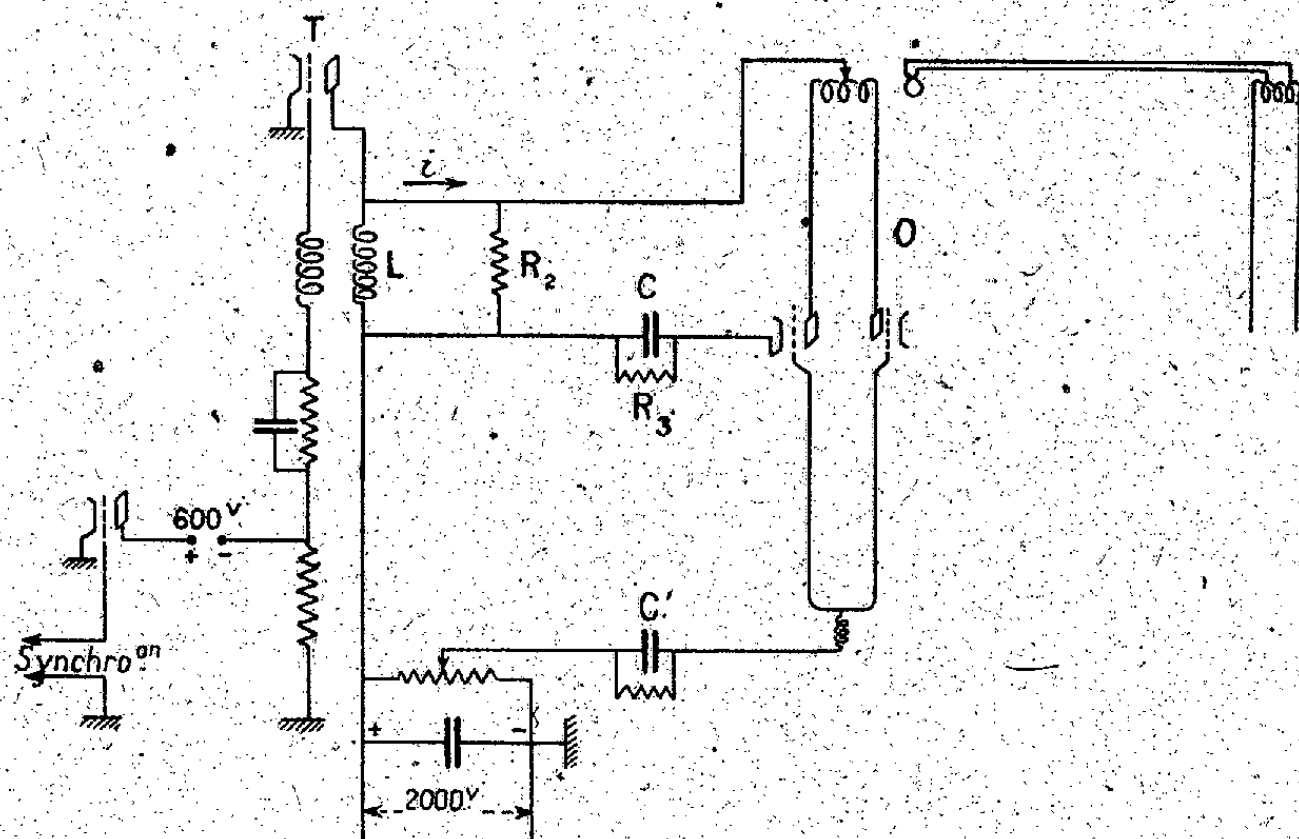
PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Générateur d'impulsions à bords abrupts; application à l'étude de l'évolution des spectres de gaz après excitation.* Note de M. PIERRE LEJAY.

Le dispositif classique de génération d'impulsions, qui consiste à faire interrompre brusquement, par relaxation, dans un tube T le courant d'anode alimentant une self L, et à utiliser la surtension ainsi provoquée comme source de haute tension d'un oscillateur O, a l'inconvénient de donner des signaux qui, s'ils ont un départ brutal, décroissent exponentiellement. La puissance des oscillations de haute fréquence est commandée par l'intensité imposée du courant anodique moyen de l'oscillateur; avant que cessent les oscillations, le courant i fourni par la self doit diminuer considérablement, même si l'on a eu soin de disposer un condensateur shunté C' dans le circuit de grille; la présence



de celui-ci serait même presque totalement inefficace si l'on n'avait une résistance R_2 en dérivation sur la self, car, sans cette résistance; à un abaissement du potentiel de grille correspondrait nécessairement une montée du potentiel

de plaque telle que le courant débité reste inchangé. La résistance R_2 s'oppose à cette montée qui entraîne une augmentation du courant de fuite et diminue d'autant le courant alimentant l'oscillateur.

Si l'on peut réduire ainsi dans une certaine mesure la durée du signal, il n'en reste pas moins que sa forme est dissymétrique; après une montée brusque et un sommet arrondi par l'effet des capacités parasites, la descente exponentielle se prolonge pendant un temps dix à cent fois supérieur à celui de la montée, et l'examen à l'oscillographe révèle que le courant i a diminué de plus de moitié avant que ne décrochent les oscillations.

Si l'on dispose un condensateur C en série, entre la self et les filaments de l'oscillateur, le courant i suit une loi toute différente : on peut choisir C de telle sorte que les quantités L , C , R_1 , R_2 vérifient la condition d'oscillation, dont une expression grossièrement approchée, obtenue en supposant constante la résistance interne R_1 des tubes, s'écrit, en appelant μ leur coefficient d'amplification et en posant $k = R_1/R_2$,

$$R_2^2(k+1-2\sqrt{k+1}) < \frac{L(1+\mu)}{C} < R_2^2(k+1+2\sqrt{k+1}).$$

La décharge est alors sinusoïdale; la courbe représentative, après un sommet arrondi, aura sa concavité tournée vers le bas et le signal aura une retombée plus brusque.

Mais de plus, C se chargeant, au cours du signal les tensions de grille et de plaque de l'oscillateur s'abaissent, la première par rapport à la cathode, la deuxième par rapport à la tension aux bornes de R_2 , d'une même quantité, qui peut être rendue aussi grande qu'on veut par un choix convenable de C , et dont l'expression approchée est

$$V = -2i_0 \frac{LR_2}{R_1+R_2} \frac{1}{L+R_1R_2C_1} \frac{1}{\sqrt{D}} e^{-at} \sin \eta' t,$$

où

$$\begin{aligned} a &= \frac{L+R_1R_2C_1}{2LC_1(R_1+R_2)}, & \eta'^2 &= \eta^2 - a^2, \\ C_1 &= \frac{C}{1+\mu}, & \eta^2 &= \frac{R_2}{C_1L(R_1+R_2)}, \\ D &= -L^2 + 2R_2(R_1+R_2)LC_1 - R_1^2R_2^2C_1. \end{aligned}$$

Par le choix de C , on pourra ainsi faire décrocher les oscillations en un point quelconque de la sinusoïde, aussi près qu'on voudra du sommet sur la branche descendante; le signal comportera alors une montée rapide, un sommet arrondi et une descente abrupte.

Avec un tube T de 750 W. (E 953), les courants i étant en crête de plusieurs ampères, en prenant $L = 0,2$ Hy, $R_2 = 5000 \Omega$, on obtient, d'un oscillateur symétrique comportant deux tubes de 75 W (956), accordé sur 3^m,50 de longueur d'onde, des signaux très intenses (plus de 50 kW alimentation),

apparaissant à l'oscillographe presque parfaitement symétriques, dont la durée varie de $1/10\,000$ de seconde à quelques microsecondes, quand on fait varier C de 0,1 à 0,001 microfarad.

Le condensateur C ne modifie en rien les conditions d'établissement des oscillations; sa forte tension finale, dépassant 5000 volts, verrouille l'oscillateur qui ne peut fonctionner à nouveau qu'après décharge de C à travers R_3 , résistance de fuite dont la valeur est choisie telle que la décharge de C se termine un peu avant le début de l'impulsion suivante.

Application. — L'image d'un tube à gaz, placé dans la self d'un circuit oscillant accordé et couplé à l'oscillateur, est projetée sur la fente, verticale, d'un spectrographe. Devant celle-ci tourne un disque portant deux fentes diamétralement opposées; lorsqu'une de ces fentes se présente, horizontalement, devant la fente du spectrographe, l'autre passe devant une cellule photo-électrique dont le courant, amplifié, commande le déclenchement de la relaxation du tube T. Ainsi l'impulsion se produit toujours exactement pour la même position de la fente mobile devant la fente fixe (ce qu'on vérifie stroboscopiquement) et un spectre filiforme est enregistré sur la plaque photographique. A l'exploration ultérieure de la fente du spectrographe par la fente mobile correspondra un déplacement vertical du spectre; avec un moteur tournant à 2600 tours/min un disque de 60^{cm} de périphérie, une largeur de fente mobile de 0^{mm},5, des spectres émis à $1/50\,000$ seconde d'intervalle seront complètement séparés sur la plaque. Il n'est pas douteux qu'on puisse beaucoup augmenter le pouvoir séparateur du dispositif optique et il semble dès maintenant possible qu'on puisse arriver à distinguer des phénomènes distants d'un millionième de seconde; pour pousser plus loin, on rencontrerait des difficultés d'ordre radio-électrique. Si longues que soient encore ces durées par rapport au temps de recombinaison atomique normal, il semble que l'instrument doive rendre possibles quelques études de cinéspectroscopie. Nous donnerons dans une Note ultérieure les résultats acquis par observation des spectres de gaz rares dans les conditions décrites ci-dessus.

OPHTALMOLOGIE. — Nouveau dispositif permettant le rétablissement de la vision normale sans accroissement dimensionnel des images rétinienne dans la compensation de l'aphakie résultant de l'opération uni- ou bilatérale de la cataracte. Note de M. LOUIS LUMIÈRE.

Lorsque la compensation de l'aphakie est obtenue en plaçant les verres nécessaires en avant de l'œil à la manière ordinaire, l'accroissement corrélatif de la troisième dimension des images perçues par la rétine provoque une sorte de vertige auquel il est fort difficile de s'habituer.

Ayant eu à éprouver personnellement cet inconvénient en appliquant le dispositif proposé dans ma Note du 24 janvier 1944, celui décrit par notre

Confrère M. de Gramont n'étant pas encore entré dans le domaine des applications courantes, j'ai pu réaliser une solution nouvelle satisfaisante du problème.

Cette solution consiste à placer devant l'œil ou les yeux opérés une lentille de même puissance que le cristallin enlevé ($+16\text{ D.}$), constituée par un verre plan-sphérique de petite dimension (16 à 18^{mm} de diamètre, de façon à réduire au minimum les aberrations et le poids du système), la face sphérique de cette lentille étant tournée en regard et disposée aussi près que possible de la cornée (2^{mm}).

Il y a intérêt, d'ailleurs, à couper les cils au niveau du sommet de la lentille, leur frottement pouvant occasionner de la conjonctivite.

Les points nodaux de cette lentille, confondus au sommet de sa face sphérique, se trouvent ainsi très rapprochés de la position qu'ils occupaient dans le

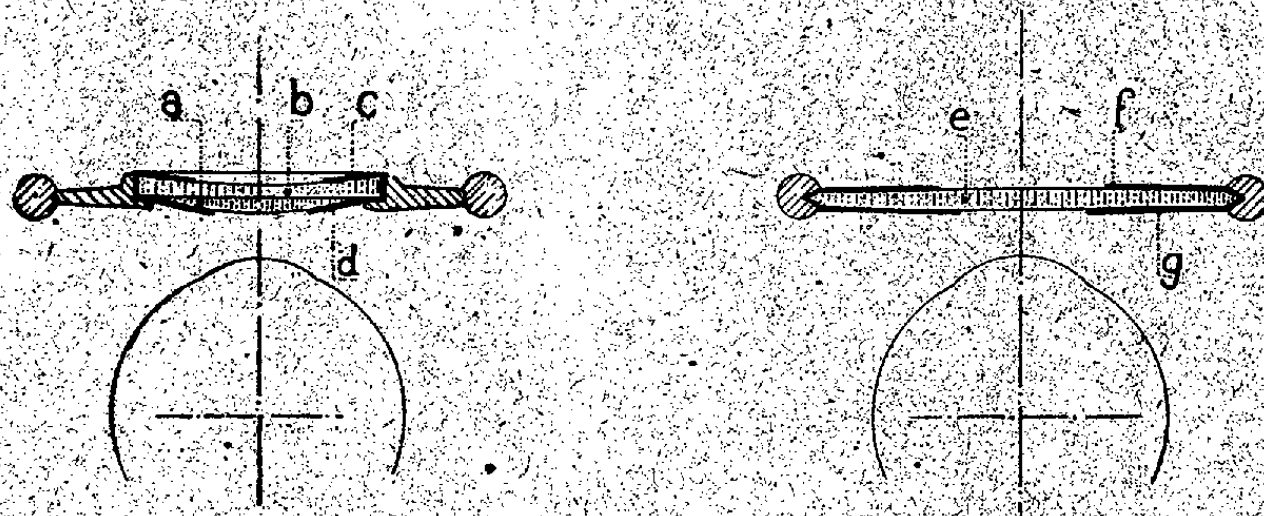


Fig. 1. — Vision de près. Echelle 1/1.

a, lentille de $+16\text{ D.}$ (16 à 18^{mm} de diamètre); *b*, verre plan-cylindrique de -5.5 D. la génératrice étant verticale; *c*, diaphragme de 15^{mm}; *d*, diaphragme de 12^{mm}; *e*, verre bi-convexe de $+2\text{ D.}$; *f*, diaphragme de 15^{mm}; *g*, diaphragme de 12^{mm}.

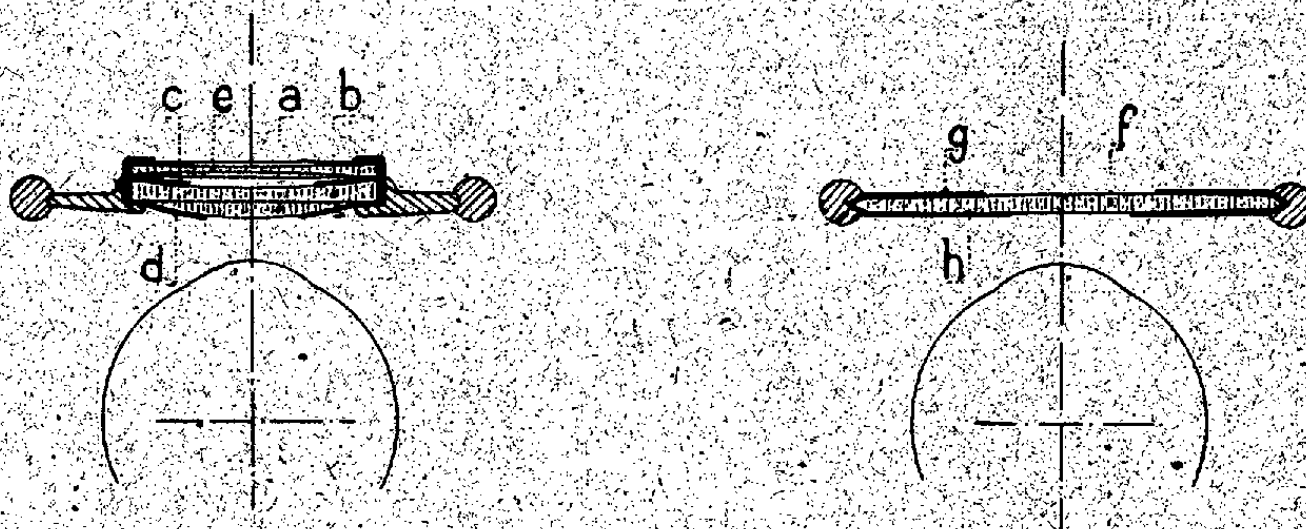


Fig. 2. — Vision de loin. Echelle 1/1.

a, lentille de $+16\text{ D.}$ (16 à 18^{mm} de diamètre); *b*, verre plan-cylindrique de -5.5 D. (génératrice verticale); *c*, diaphragme de 15^{mm}; *d*, diaphragme de 12^{mm}; *e*, verre bi-concave de -2 D. ; *f*, verre plan; *g*, diaphragme de 15^{mm}; *h*, diaphragme de 12^{mm}.

cristallin extrait, ce qui a pour conséquence pratique d'éviter l'accroissement des dimensions des images reçues par la rétine. Cet accroissement est, en effet, négligeable et peut d'ailleurs être encore réduit par la substitution au verre

plan-sphérique d'un ménisque dans lequel les points nodaux sont, on le sait, situés au delà du sommet.

Il en résulte que l'on peut accommoder sans effort l'image des deux yeux dans le cas d'aphakie unilatérale.

La petite lentille précitée constitue ainsi une sorte de pseudo-cristallin extra-oculaire. Elle est collée par sa face plane sur la face plane du verre plan-cylindrique nécessaire par la correction de l'astigmatisme post-opératoire.

L'ensemble des deux verres, placé devant l'œil opéré, ramène l'image sur la rétine pour le proximum et, dans le cas de cataracte unilatérale, si l'œil non opéré est presbyte, ce qui est le cas habituel puisque la cataracte ne survient généralement qu'à partir de l'âge de 48 ans correspondant à la perte de l'accommodation, on place devant cet œil un verre de + 2 ou + 3 D. La vision binoculaire est ainsi parfaitement rétablie, en prenant la précaution de fixer les verres à la distance horizontale correspondant à la convergence choisie, compte tenu de l'écartement pupillaire.

Pour la vision de loin, on ajoutera, au dispositif décrit, un verre bi-concave de - 2 D. et, dans ce même cas unilatéral, on pourra se contenter de ne rien mettre devant l'œil presbyte non opéré ou mieux, de le protéger par un simple verre plan. Les figures 1 et 2 montrent en coupe schématique, par un plan horizontal passant par les axes des yeux, les réalisations correspondant à mon cas personnel : aphakie de l'œil gauche, œil droit presbyte (anciennement légèrement myope - 0,75 D.).

Je crois devoir signaler le détail technique suivant :

Les diaphragmes peuvent être réalisés de façon simple en collant au centre des verres de petits disques de papier adhésif du type employé par les carrossiers pour pratiquer des réserves, puis en peignant le pourtour à l'aide de vernis cellulosique noir. On enlève les petits disques réserves après séchage du vernis.

La disposition décrite permet une excellente vision des images : l'acuité, aussi bien pour le remotum que pour le proximum, étant de 9/10, avec un champ dépassant 60°, malgré la disposition défavorable (mais inévitable) de la situation des faces convexes de la petite lentille plan-sphérique et de la cornée en regard l'une de l'autre. La très faible dimension de l'image formée sur la macula est, sans doute, la raison de cette possibilité.

NOMINATIONS.

La Société de Pharmacie de Paris et la Société d'Histoire de la Pharmacie invitent l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qui auront lieu à la Faculté de Pharmacie, le 7 février 1945, pour commémorer le centenaire de la naissance d'ANTOINE BALLAND.

MM. MARCEL DELÉPINE et MAURICE JAVILLIER sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. le **MINISTRE DE L'AGRICULTURE** invite l'Académie à lui présenter une liste de quatre de ses Membres, parmi lesquels deux seront choisis pour faire partie du *Conseil de Perfectionnement de l'Institut National Agronomique*, conformément à l'arrêté du 3 janvier 1945.

M. **HENRI HARTMANN** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Correspondance entre les frontières d'un ensemble et de son R-adjoint. Ensembles R-complémentaires.* Note (1) de M. **EUGÈNE BLANC**, présentée par M. Paul Montel.

Soient E un ensemble quelconque, F , sa frontière, $E' = RE$, son ensemble R-adjoint, F' , la frontière de E' , K , son enveloppante-R, \mathcal{F} , la frontière de K , Φ , le front-R de E (2).

E étant *scr* R, l'ensemble $RK = R^2 E' \doteq R^2 E$ coïncide avec E' ; autrement dit E' et K sont R-complémentaires (3). Il y a donc entre F' et \mathcal{F} une correspondance du type décrit dans une Note précédente (2). Si l'on fait intervenir la notion d'éléments d'appui formés chacun d'un point de l'une des frontières et de l'une des droites d'appui de l'ensemble correspondant en ce point, on se convaincra aisément que cette correspondance se fait élément par élément, l'élément conjugué d'un élément donné (A, D) étant l'élément (B, Δ) défini ainsi qu'il suit : Δ est parallèle à D à la distance R , du même côté de D que l'ensemble auquel appartient A ; B est le pied de la perpendiculaire abaissée de A sur Δ . Nous dirons que deux éléments (A, D) et (A', D') sont *infinitement voisins* si A et A' sont infinitement voisins et si D et D' ont des directions infinitement voisines. *A deux éléments infinitement voisins correspondent deux éléments infinitement voisins.* Cela résulte immédiatement de la construction précédente.

Considérons sur l'une des frontières, F' par exemple, un point A la décrivant dans le sens positif; il résulte des propriétés des courbes convexes que l'angle de la droite associée et d'une direction fixe ira en croissant. Lorsque A traversera un point anguleux de F' , il restera stationnaire, cependant que la droite D associée balayera tout l'angle compris entre la demi-tangente antérieure et la demi-tangente postérieure. Nous dirons que l'élément (A, D) se

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) Les définitions et les notations sont celles de mon Mémoire des *Ann. Éc. Norm.*, 3^e série, 60, 1943, pp. 215-246.

(3) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 662.

déplace dans le sens positif si le balayage se fait de manière que l'angle polaire de D aille en croissant.

Toute la courbe F' pourra ainsi être obtenue par un déplacement de (A, D) dans le sens positif, la variation de cet élément étant continue le long de la courbe. L'élément conjugué décrira aussi la courbe \mathcal{F} dans le sens positif puisque l'angle polaire de Δ augmentera en même temps que celui de D . *La correspondance ainsi définie entre F' et \mathcal{F} est donc continue et ordonnée.*

I. Considérons F et \mathcal{F} . Les points communs à ces deux ensembles sont ceux de Φ . A tout élément de F' correspond un élément de F (pris sur Φ), tandis que seuls ceux des éléments de F qui appartiennent à Φ ont un correspondant sur F' . La correspondance F, F' n'intéresse donc que l'ensemble Φ et coïncide, sur cet ensemble, avec la correspondance \mathcal{F}, F' . Cela a donc un sens de dire que cette correspondance est ordonnée. Soient alors A' et A'' deux points de F , extrémités d'un arc contigu à Φ , et soient B' et B'' deux points correspondant respectivement à A' et A'' . Si B' et B'' étaient distincts, il existerait un point B''' placé entre eux, auquel devrait correspondre un point A''' de Φ placé entre A' et A'' . Alors $A'A''$ ne serait pas un arc contigu. Les points B' et B'' coïncident donc, mais tout l'arc de cercle de rayon R d'extrémités A' et A'' doit alors leur correspondre sur \mathcal{F} et constituer, sur cette frontière, l'arc contigu de Φ . Ainsi se trouve établi, par une méthode plus directe, le théorème XVII de mon Mémoire cité.

II. Étant donnés A sur Φ , B sur F' , on peut établir le théorème suivant qui contient comme cas particulier un théorème analogue de ma Note citée : *Si, au point A , la courbure inférieure de F (au sens de Menger) est égale à $1/r$, la courbure supérieure en B de F' est égale à $1/(R-r)$. Il y a une relation analogue de complémentarité entre la courbure supérieure en A et la courbure inférieure en B .*

III. Si l'on remarque que la connaissance de F suffit à déterminer F' (*), on peut enfin se demander si F' , considérée comme fonction de F , en est une fonction continue, c'est-à-dire si une déformation infiniment petite de F entraîne une déformation infiniment petite de F' .

En premier lieu, si la déformation porte sur un ensemble fermé quelconque contenu dans $F - \Phi$, elle ne changera rien à F' . Une déformation intéressant le voisinage d'un point A de Φ n'entraînera, en vertu de la continuité de la correspondance, qu'une déformation infiniment petite intéressant le voisinage de tous les correspondants de ce point, à condition toutefois qu'elle ne détruise pas la surconvexité locale au voisinage du point. Si cette déformation détruit la surconvexité sans ajouter de points à E , on peut ramener ce cas au précédent. Enfin, si cette déformation détruit la surconvexité en augmentant l'ensemble E , il peut se faire que la déformation subie par F' intéresse une partie de cette

(*) *Op. cit.*, p. 232.

frontière à distance finie des correspondants de A , le nouvel ensemble F' restant toutefois à une distance ⁽⁵⁾ infiniment petite de F . Dans ce cas il peut arriver que toute la frontière \mathcal{F} de K soit modifiée à l'exception d'un seul point.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Sur les propriétés de deux équations intégrales.*

Note ⁽¹⁾ de M. MAURICE PARODI, présentée par M. Joseph Pérès.

Soient les deux équations intégrales

$$(1) \quad t^{\frac{1}{2}} \int_0^{\infty} y^{-\frac{1}{2}} J_{\nu}(2\sqrt{yt}) f_{\nu}(y) dy = g(t), \quad \operatorname{Re}(\nu) > -\frac{1}{2};$$

$$(2) \quad \frac{1}{\sqrt{\pi t}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{x^2}{4t}} x^{\nu} dx \int_0^{\infty} J_{\nu}(2\sqrt{xy}) f_{\nu}(y) y^{-\frac{1}{2}} dy = g(t),$$

où $f_{\nu}(y)$ est la fonction inconnue et J_{ν} la fonction de Bessel d'ordre ν .

Si $\varphi_{\nu}(p)$ représente la transformée, au sens de Carson, de $f_{\nu}(y)$ ⁽²⁾ et $\theta(p)$ celle de $g(t)$, les équations précédentes ont respectivement pour transformées, la transformation étant faite par rapport à t sur les deux membres,

$$(1') \quad p^{1-\nu} \varphi_{\nu}\left(\frac{1}{p}\right) = \theta(p),$$

$$(2') \quad p^{\frac{1-\nu}{2}} \varphi_{\nu}\left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right) = \theta(p).$$

Désignons par $f_0(y)$ la solution de (1) ou de (2) correspondant à la valeur $\nu = 0$ du paramètre ν , et soit $\varphi_0(p)$ l'image de cette fonction; cette transformée satisfait à l'une ou l'autre des équations

$$(1'') \quad p \varphi_0\left(\frac{1}{p}\right) = \theta(p),$$

$$(2'') \quad p^{\frac{1}{2}} \varphi_0\left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right) = \theta(p).$$

Par élimination de $\theta(p)$ entre (1') et (1'') et entre (2') et (2''), on obtient

$$(1''') \quad p^{-\nu} \varphi_{\nu}\left(\frac{1}{p}\right) = \varphi_0\left(\frac{1}{p}\right),$$

$$(2''') \quad p^{-\frac{\nu}{2}} \varphi_{\nu}\left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right) = \varphi_0\left(\frac{1}{\sqrt{p}}\right).$$

Posant pour la première $1/p = q$ et pour la seconde $1/\sqrt{p} = q$, on obtient une

⁽⁵⁾ Au sens de Hausdorff (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1556).

⁽¹⁾ Séance du 3 janvier 1944.

⁽²⁾ HUMBERT et Mc LACHLAN, *Mémoires Sci. math.*, fasc. 100, 1941.

même relation entre $\varphi_0(q)$ et $\varphi_\nu(q)$

$$\varphi_\nu(q) = \frac{1}{q^\nu} \varphi_0(q).$$

Ainsi la solution générale $f_\nu(y)$ de (1) ou de (2) est liée à la fonction correspondante $f_0(y)$ par la relation

$$(3) \quad f_\nu(y) = \underbrace{\int_0^y \int_0^y \dots \int_0^y}_{\nu \text{ fois}} f_0(y) dy dy \dots dy.$$

Reste à calculer $f_0(y)$ dans les deux cas.

a. L'équation (1''), avec le changement de variable susvisé permettant de passer de p à q , donne

$$(4) \quad \varphi_0(q) = q \theta\left(\frac{1}{q}\right).$$

Mais, d'après la relation qui donne l'image du premier membre de (1) dans le cas où $\nu = 0$, si $g(x)$ a pour image $\theta(q)$, on a

$$(5) \quad \int_0^\infty J_0(2\sqrt{\lambda t}) g(\lambda) d\lambda = q \theta\left(\frac{1}{q}\right);$$

(4) et (5) montrent alors que

$$f_0(y) = \int_0^\infty J_0(2\sqrt{\lambda y}) q(\lambda) d\lambda.$$

On retrouve ainsi très simplement un résultat connu.

b. L'équation (2''), toujours avec le changement de variable considéré, conduit à la relation

$$(6) \quad \varphi_0(q) = q \theta\left(\frac{1}{q^2}\right).$$

Or on sait que, si $h(t)$ a pour image $\lambda(p)$, on a ⁽³⁾

$$(7) \quad \lambda\left(\frac{1}{p^2}\right) = \frac{t}{2} \sqrt{\pi} \int_0^\infty J_{1, \frac{1}{2}} \left[3 \sqrt{\frac{t^2 x}{4}} \right] h(x) \frac{dx}{x}.$$

En remontant de (6) aux originaux, compte tenu de ce que le second membre de (7) est nul pour $t=0$, on obtient

$$f_0(y) = \frac{d}{dy} \left[\frac{y \sqrt{\pi}}{2} \int_0^\infty J_{1, \frac{1}{2}} \left[3 \sqrt{\frac{y^2 x}{4}} \right] q(x) \frac{dx}{x} \right],$$

$J_{\alpha, \beta}$ étant la fonction de Bessel du troisième ordre.

La relation (3) permet alors de calculer la solution des équations intégrales proposées (1) et (2).

(3) HUMBERT et Mc LACHLAN, *loc. cit.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'expression du frottement tangentiel dans les fluides visqueux en période d'échauffement ou de refroidissement* ⁽¹⁾. Note de M. ALEXANDRE BRAUN, présentée par M. Henri Villat.

I. Le frottement tangentiel par unité de surface d'une paroi dans les fluides visqueux *isothermes* est expérimentalement proportionnel au gradient de vitesse pris à la paroi; on pose $\tau_p = \mu(\partial v/\partial n)_{n=0}$, qu'on écrit, par ailleurs, $c(\rho u_\infty/2)$, c étant le coefficient de frottement, ρ la densité macroscopique et u_∞ la vitesse d'ensemble loin de la surface de friction, pour définir ainsi le coefficient de viscosité μ , qui est alors une constante caractéristique de la substance. Dans le cas où l'on a des raisons de tenir compte de la variation du coefficient de viscosité en fonction de la température ou de la pression, la définition locale de τ exige qu'on prenne la valeur locale de μ ; de la théorie cinétique des gaz découle qu'en un point le coefficient de viscosité soit défini par la température et la pression d'un petit volume de l'ordre du libre parcours moyen.

Dans un fluide en mouvement, la température T n'est jamais constante, ne serait-ce qu'en raison de la dissipation de l'énergie par le frottement même; mais sa variation peut être si faible, notamment pour les fluides peu écartés de l'état d'équilibre, que l'hypothèse de la constance de μ devient recevable sans objection. La définition de τ_p ne souffre alors d'aucune difficulté. Dans d'autres cas, si la vitesse est très grande, ou lorsqu'une source chaude ou froide est immergée dans le fluide, la plupart des auteurs, impressionnés par la variation de μ , et parce qu'ils ignorent la distribution des vitesses et, partant, la valeur actuelle de $(\partial v/\partial n)_{n=0}$, hésitent à adopter la définition expérimentale classique.

II. Pour que les formules reflètent les résultats expérimentaux, on admet alors un compromis qui n'est appuyé par aucun raisonnement théorique; on prend pour le coefficient de viscosité une valeur moyenne définie, par exemple, par une intégrale (Nusselt) de la forme

$$\mu = \frac{1}{T_f - T_p} \int_{T_p}^{T_f} \mu dT$$

(μ n'étant fonction que de T). Cette discipline réussit pour certains fluides, et dans certaines conditions; elle fait défaut pour d'autres, dans le cas des liquides visqueux, notamment, et conduit à une nette incohérence des faits, si bien qu'il semble utile d'examiner plus attentivement la question, afin de justifier que la définition expérimentale vaut aussi pour les fluides en transformation thermodynamique, en se demandant quel est dans la couche-limite l'élément de volume dont l'invariant $\mu(\partial v/\partial n)$ définira le frottement à la paroi.

⁽¹⁾ Document extrait du pli bachelé n° 11966, déposé le 17 avril 1944, ouvert à la demande de l'auteur le 13 décembre 1944.

III. On peut *montrer*, lorsque les lois de la distribution des vitesses et des températures, et, par voie de conséquence, les gradients de vitesse et de température à la paroi sont connus, que cet élément ne peut être que celui qui adhère à la paroi.

A cette fin, prenons, conformément au procédé classique, dans la couche-limite un parallélépipède quelconque d'arêtes unitaires sur les faces duquel s'exercent des forces résultantes telle que, par exemple, $\partial P_{xz}/\partial z$. La somme de ces forces comprise entre les limites zéro (à la paroi) et $z_0 = \varepsilon$ (hauteur locale de la couche perturbée par le frottement), fournira la résultante totale pour tous les éléments locaux superposés. Il faut donc expliciter les tensions, et former tous les termes, y compris les *nouveaux*, en dérivées partielles qui comprendront le terme de la dérivée seconde de la vitesse d'ensemble multipliée par la viscosité $\mu(\partial^2 u_0/\partial z^2)dz$, et le *nouveau terme*, dont on ne tient pas généralement compte, dû à la variation de la viscosité $(\partial\mu/\partial z)(\partial u_0/\partial z)dz$. A ces deux termes, qui résultent de la définition expérimentale de la tension, s'ajoutent ceux qui viennent de l'étude théorique (Jones), tels que $\partial/\partial z[(\mu\delta/p)(\partial^2 T/\partial x \partial z)]$, δ est le coefficient de conduction, p la pression du fluide, et $\partial/\partial z[(K/3)(\mu^2/p)(d/dt)(C_{xz})]$, où K est un nombre pur, et $C_{xz} = 3[(\partial u_0/\partial z) + (\partial w_0/\partial x)]$; t est le temps. Il suffit, ensuite, d'examiner comment se comportent ces divers termes quand $u_0(z)$ et $\mu(z)$ sont connus.

IV. Considérons, à cet effet, une plaque plane chaude (indéfinie dans le sens horizontal perpendiculaire à la vitesse d'écoulement) immergée dans un gaz froid. Le régime du mouvement est laminaire. Le gaz est à la pression normale. On peut admettre l'hypothèse de la loi de similitude entre les variations de la vitesse d'ensemble et de la température; donc $u_0/u_{0\infty} = T_0/T_{0\infty}$. Ces variations sont paraboliques, et la relation qui les définit,

$$\frac{u_0}{u_{0\infty}} = \frac{2z}{\varepsilon} \frac{1-z}{2\varepsilon} = \varphi \frac{z}{(\varepsilon)},$$

montre qu'il s'agit d'un *écoulement Blasius légèrement déformé*. Le coefficient de viscosité ne dépend, la pression étant normale, que de la température. Si le gaz est parfait, ses molécules sont des sphères élastiques rigides, μ est donc proportionnel à \sqrt{T} . On a alors

$$\frac{\mu - \mu_p}{\mu_f - \mu_p} = \sqrt{\varphi \frac{z}{(\varepsilon)}},$$

μ_p et μ_f étant les valeurs prises à la paroi et à la limite extérieure de la couche-limite. S'il existe une loi d'attraction entre les molécules, la variation de μ est régie par la formule de Sutherland qu'on écrit schématiquement $T^{3/2}:(T+S)$.

Dans ces conditions, le terme qui résulte de la variation du coefficient de viscosité $(\partial\mu/\partial z)(\partial u_0/\partial z)dz$ absorbe, après sommation, une partie, *celle précisément qui infirmerait la rigueur de la définition classique*, de la dérivée

seconde de la vitesse $\mu(\partial^2 u_0/\partial z^2)dz$. Les termes de Jones, tels que :
 1° $\partial/\partial z[(\mu\delta/p)(\partial^2 T/\partial x \partial z)]$ sont nuls; 2° $\partial/\partial z[(K/3)(\mu^2/p)(d/dt)(C_{\alpha z})]$ sont négligeables et, de toute façon, ne changent en rien la conclusion, de sorte qu'il reste, finalement, l'expression $\tau_p = -2(u_{0z}/\varepsilon)\mu_p$, qui est celle de la tension tangentielle dans un gaz isotherme. La conclusion est identique pour un gaz s'écoulant dans un tube cylindrique lisse en régime laminaire établi.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la détermination de l'apex au moyen des mouvements propres.* Note (1) de M. **HENRI MINEUR**, présentée par M. Gaston Fayet.

Appelons X_0, Y_0, Z_0 les composantes de la translation solaire. Soient $\mu_l \cos b$ et μ_b le mouvement propre en longitude et en latitude d'une étoile, e_l et e_b les erreurs de ces mouvements, r la distance de l'étoile, α_2, β_2 les cosinus de la tangente au parallèle galactique, $\alpha_3, \beta_3, \gamma_3$ ceux de la tangente au méridien galactique, U et V les composantes de la vitesse résiduelle de l'étoile suivant les axes précédents, ε l'erreur probable des mouvements propres et σ la dispersion de U et V .

Pour déterminer X_0, Y_0, Z_0 deux méthodes ont été utilisées jusqu'à présent.

La première consiste à négliger ε et à traiter par les moindres carrés le système

$$(1) \quad \begin{cases} \mu_l \cos b = \frac{\alpha_2}{4,74 r} X_0 + \frac{\beta_2}{4,74 r} Y_0, \\ \mu_b = \frac{\alpha_3}{4,74 r} X_0 + \frac{\beta_3}{4,74 r} Y_0 + \frac{\gamma_3}{4,74 r} Z_0 \end{cases}$$

en attribuant le même poids à chaque équation.

La seconde consiste au contraire à ne tenir compte que de ces erreurs et à négliger σ ; on traite alors le système

$$(2) \quad \begin{cases} 4,74 r \mu_l \cos b = \alpha_2 X_0 + \beta_2 Y_0, \\ 4,74 r \mu_b = \alpha_3 X_0 + \beta_3 Y_0 + \gamma_3 Z_0 \end{cases}$$

en attribuant à chaque équation le poids $p = 1/\varepsilon^2$.

Je propose une méthode qui tient compte à la fois de ε , connu par l'observation et de σ dont on ne connaît qu'une valeur approchée σ_0 .

Les équations du problème sont

$$(3) \quad \begin{cases} \mu_l \cos b = \frac{\alpha_2}{4,74 r} X_0 + \frac{\beta_2}{4,74 r} Y_0 + e_l + \frac{U}{4,74 r}, \\ \mu_b = \frac{\alpha_3}{4,74 r} X_0 + \frac{\beta_3}{4,74 r} Y_0 + \frac{\gamma_3}{4,74 r} Z_0 + e_b + \frac{V}{4,74 r}. \end{cases}$$

J'ai repris le raisonnement classique sur lequel est basée la méthode des

(1) Séance du 27 décembre 1944.

moindres carrés en l'appliquant au système (3). On est ainsi conduit à traiter, par les moindres carrés, le système (1) en affectant chaque équation du poids

$$P = \frac{10,2 r^2}{0,445 \sigma^2 + 22,5 \varepsilon^2 r^2}.$$

On déduit ainsi des résidus une valeur exacte de σ .

Cette méthode s'étend à la détermination de la magnitude absolue moyenne d'un groupe d'étoiles.

Soit Δ la correction à apporter à une valeur approchée de cette magnitude absolue et

$$\lambda = 10^{-0,2\Delta}.$$

On a, en désignant par r_0 la distance déduite de la magnitude absolue approchée,

$$(4) \quad \begin{cases} \cos b = \frac{\alpha_2}{4,74 r_0} \frac{X_0}{\lambda} + \frac{\beta_2}{4,74 r_0} \frac{Y_0}{\lambda} + e_1 + \frac{U}{4,74 r_0}, \\ b = \frac{\alpha_3}{4,74 r_0} \frac{X_0}{\lambda} + \frac{\beta_3}{4,74 r_0} \frac{Y_0}{\lambda} + \frac{\gamma_3}{4,74 r_0} \frac{Z_0}{\lambda} + e_2 + \frac{V}{4,74 r_0}. \end{cases}$$

On adopte une valeur approchée λ_0 de λ et l'on traite le système (4) par les moindres carrés en adoptant pour poids de chaque étoile

$$P = \frac{10,2 r^2}{0,445 \sigma^2 + 22,5 \varepsilon^2 r_0^2 \lambda_0^2}.$$

On a de premières valeurs de λ en comparant les valeurs de X_0/λ , Y_0/λ , Z_0/λ ainsi obtenues aux valeurs de X_0 , Y_0 , Z_0 déduites des vitesses radiales et l'on aura une autre valeur de λ , comme moyenne quadratique pondérée des résidus des équations (1),

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{N-p} \sum PR^2,$$

où N est le nombre des étoiles, $p=2$ pour la première équation, 3 pour la seconde et R les résidus.

CHALEUR. — *Nouvelle méthode pour l'étude de la dilatation des corps aux températures élevées. Dilatation du tungstène et du molybdène.* Note (1) de M. JEAN DEMARQUAY, transmise par M. Paul Lebeau.

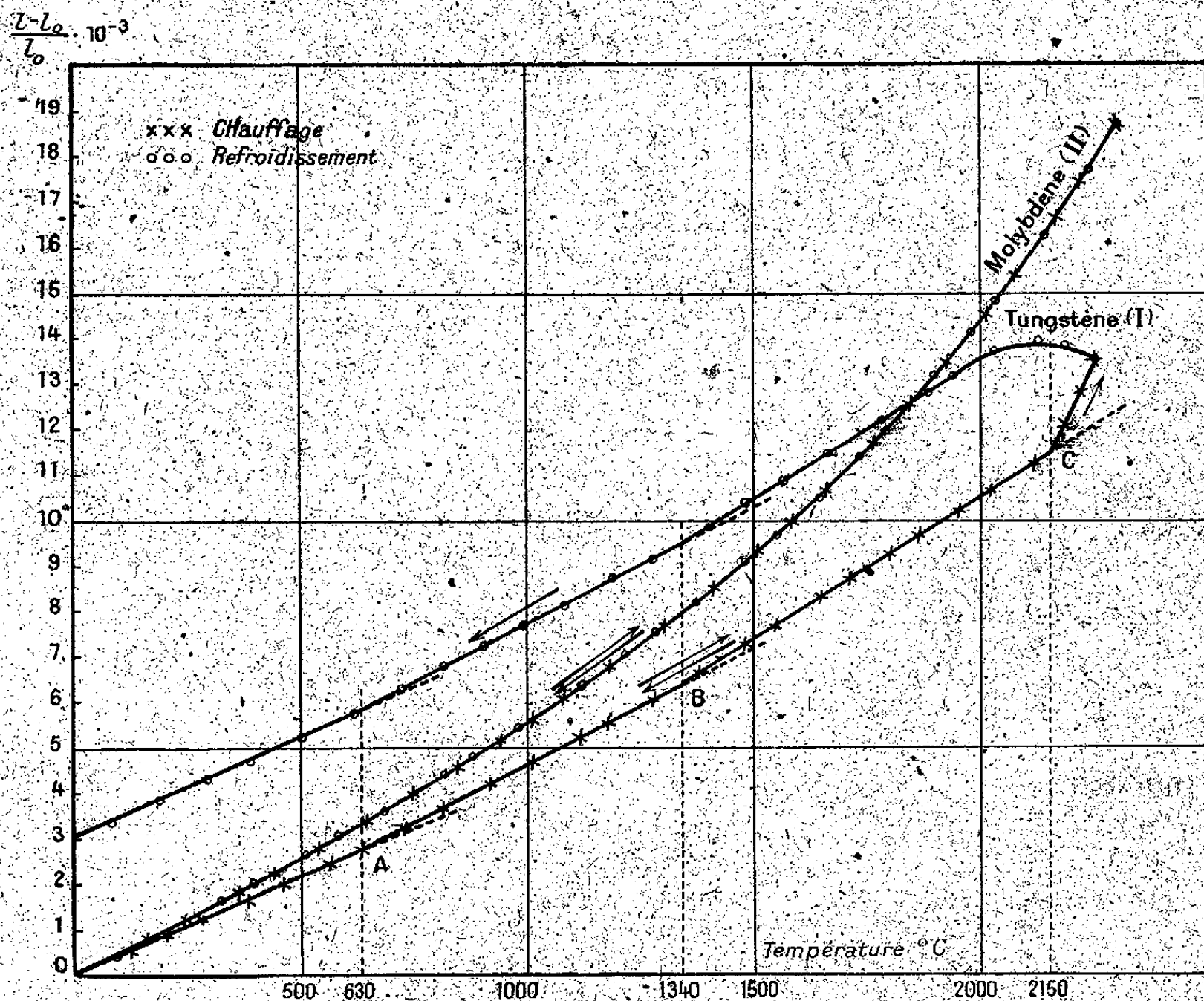
L'étude du coefficient de dilatation du molybdène à l'état métallique a été faite dans l'intervalle de température de 0 à 500°C. par différents auteurs (2).

(1) Séance du 30 octobre 1944.

(2) SCHAD et HIDNERT, *J. Franklin Inst.*, 187, 1919, p. 112; SCHEEL et DISCH, *Z. Physik*, 5, 1922, p. 167; HIDNERT et GERO, *Sci. Pap. Bur. St.*, 19, 1924, p. 429.

Goucher ⁽³⁾, à l'aide d'un appareil en verre fonctionnant dans le vide, a pu déterminer l'allongement de tiges de tungstène chauffées par passage d'un courant électrique. La résistance de la tige, à chaque instant, peut être convertie en température moyenne par application de la relation de Langmuir.

Dans ce travail la détermination de l'allongement est faite à l'aide d'un



comparateur optique permettant de viser les pointes d'un échantillon porté à des températures comprises entre 20 et 2400°C.

Au-dessous de 1000°C., les pointes de l'échantillon sont éclairées par des sources lumineuses extérieures; à température plus élevée, le rayonnement même des pointes permet une détermination correcte de leur température.

L'échantillon à étudier, dont la température est mesurée soit par thermocouple de 20 à 1000°C., soit, au-dessus de 1000°C., par voie optique en lumière monochromatique, est placé dans un four à résistance de carbone tubulaire dont l'axe est horizontal. Plusieurs cylindres de carbone concentriques, butés latéralement sur des plaques réfractaires (zircone-thorine), servent de calorifuge. Ce montage permet d'obtenir une température uniforme ($\Delta T < 5^\circ$)

⁽³⁾ *Phil. Mag.*, 48, 1924, p. 229.

sur toute la longueur de l'échantillon. La résistance chauffante et les cylindres calorifuges sont percés de trous permettant les différentes observations. Dans ces conditions l'intérieur du tube chauffant constitue pratiquement une enceinte isotherme.

L'ensemble, supporté par un socle métallique, est protégé de l'atmosphère par une calotte amovible. Ces deux parties, refroidies par une circulation d'eau, sont reliées par un joint de mercure. Dans ces essais l'atmosphère gazeuse était constituée par de l'argon.

Les résultats sur la dilatation du tungstène et du molybdène sont résumés dans les courbes I et II.

Pour le tungstène, trois droites (courbe I) correspondent respectivement aux coefficients de dilatation suivants :

	(OA) de 20 à 630° C.	(AB) de 630 à 1340° C.	(BC) de 1340 à 2150° C.
$dl/l_0 dt$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$5,1 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$

Jusqu'à 2150° C. la courbe est réversible; au-dessus de cette température, le tungstène se carbure progressivement; la densité du carbure étant plus faible que celle du métal, il se produit parallèlement une augmentation de longueur de l'éprouvette.

Pour le molybdène, le coefficient de dilatation varie avec la température, on a les valeurs suivantes :

	500° C.	1000° C.	1500° C.	2000° C.
$dl/l_0 dt$	$5,1 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$7,2 \cdot 10^{-6}$

L'allongement $(l - l_0)/l_0$ peut être représenté par les formules (1) et (2), en très bon accord avec les résultats expérimentaux :

- (1) de 20 à 1300° C., $4,65 \cdot 10^{-6} t + 0,9 \cdot 10^{-9} t^2$;
 (2) de 1300 à 2250° C., $6,8 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-6} t + 4,4 \cdot 10^{-9} t^2$.

En résumé, cette nouvelle méthode permet d'étudier la dilatation des corps dans l'intervalle de température de 20 à 2400° C.

La dilatation du tungstène et du molybdène a été observée de 20 à 2300° C.

Le tungstène possède des points de transformation à 630 et 1340° C. et les coefficients de dilatation (OA) de 20 à 630° C. et (AB) de 630 à 1340° C. correspondent aux valeurs indiquées par Goucher, mais, au-dessus de 1340° C. (BC) le coefficient de dilatation trouvé est de $6,2 \cdot 10^{-6}$ au lieu de $7,1 \cdot 10^{-6}$. Le tungstène se carbure à 2150° C. par transport de carbone en phase gazeuse.

La dilatation du molybdène varie en fonction de la température [formules (1) et (2)] et ne fait apparaître aucun point de transformation.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la proportion d'appels perdus dans certains systèmes de téléphonie automatique ne permettant dans un groupe d'organes qu'une seule exploration simultanée.* Note de MM. **ROBERT LÉROY** et **ÉMILE VAULOT**.

Dans certains systèmes de téléphonie automatique l'accès à un groupe d'organes est interdit pendant un certain temps, au début de chaque communication. Une communication comprend ainsi un temps *d'orientation*, de durée moyenne b , et un temps de *régime*, dont la durée moyenne sera prise pour unité de temps.

Nous désignerons par :

x , le nombre d'organes du groupe;

y , le nombre moyen d'appels, supposés répartis au hasard, qui se présentent pendant l'unité de temps;

P_i , la probabilité d'occupation de i lignes par des conversations proprement dites, aucune orientation n'étant en cours ($0 \leq i \leq x$);

Π_j , la probabilité d'occupation des x lignes, dont $j - 1$ par des conversations proprement dites, et $x - j + 1$ par une orientation ($0 \leq j \leq x$).

Les équations d'équilibre statistique sont

$$(1) \quad \begin{cases} xP_x = \frac{\Pi_x}{b}, \\ (y+i)P_i = (i+1)P_{i+1} + \frac{\Pi_i}{b} \quad (0 \leq i < x), \\ \left(x-1+\frac{1}{b}\right)\Pi_x = yP_{x-1}, \\ \left(j-1+\frac{1}{b}\right)\Pi_j = yP_{j-1} + j\Pi_{j+1} \quad (0 < j < x). \end{cases}$$

En combinant ces équations avec

$$\sum_{i=0}^{i=x} P_i + \sum_{j=1}^{j=x} \Pi_j = 1,$$

on obtient

$$by(P_0 + P_1 + \dots + P_{x-1}) = by(\Sigma P - P_x) = \Sigma \Pi = 1 - \Sigma P.$$

La proportion d'appels perdus est

$$E = P_x + \Sigma \Pi = 1 - \frac{\Sigma \Pi}{by} = \frac{by + P_x}{by + 1}.$$

Les équations homogènes (1) permettent d'exprimer les Π et les P en fonction de P_x . Les quantités Π satisfont à l'équation de récurrence à trois termes

$$\frac{\Pi_i}{b} = i\left(\frac{1}{by} + \frac{y+i}{y}\right)\Pi_{i+1} - i\frac{i+1}{y}\Pi_{i+2} \quad 0 < i < x.$$

En employant la notation

$$(\lambda, K) = \lambda(\lambda+1)(\lambda+2)\dots(\lambda+K-1) = \frac{\Gamma(\lambda+K)}{\Gamma(\lambda)},$$

on en tire

$$\begin{aligned} \frac{\Pi_{x-i}}{(x+1, i+1)bP_x} &= \left(x+y+\frac{1}{b}, 1\right)\left(\frac{b}{y}\right)^i \\ &\quad - \frac{(i-1, 1)}{(1, 1)}\left(x+y+\frac{1}{b}, 2\right)\left(\frac{b}{y}\right)^{i-1} + \frac{(i-3, 2)}{(1, 2)}\left(x+y+\frac{1}{b}, 3\right)\left(\frac{b}{y}\right)^{i-2} \\ &\quad - \frac{(i-5, 3)}{(1, 3)}\left(x+y+\frac{1}{b}, 4\right)\left(\frac{b}{y}\right)^{i-3} + \dots, \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned} \frac{\Sigma \Pi}{bP_x} &= (x, 1) + (x-1, 2)\left(y+\frac{1}{b}+1, 1\right)\left(\frac{y}{b}\right) \\ &\quad + (x-2, 3)\left(y+\frac{1}{b}+1, 2\right)\left(\frac{b}{y}\right)^2 + \dots + (1, x)\left(y+\frac{1}{b}+1, x-1\right)\left(\frac{b}{y}\right)^x. \end{aligned}$$

En désignant par K le second membre, on a

$$P_x = \frac{y}{y+(1+by)K}$$

et

$$E = \frac{by}{by+1} + \frac{y}{by+1} \frac{1}{y+(1+by)K} = \frac{y(1+bK)}{y+(1+by)K}.$$

Si x augmente indéfiniment, b et y restant fixes, E diminue et tend vers $by/(by+1)$.

Si y augmente indéfiniment, E tend vers 1 quel que soit x .

Si b tend vers zéro, on retombe sur la formule connue

$$E = \frac{\frac{y^x}{x!}}{1 + \frac{y}{1} + \frac{y^2}{2!} + \dots + \frac{y^x}{x!}}.$$

* Dans ce cas particulier, E tend vers zéro si y et x augmentent indéfiniment, leur rapport restant fixe.

SPECTROSCOPIE. — *Pléochroïsme du sulfate de nickel dans le proche ultraviolet.*

Note de M. ROBERT TRÉHIN, présentée par M. Aimé Cotton.

Les cristaux étudiés sont $\text{SO}_4\text{Ni} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ quadratique et $\text{SO}_4\text{Ni} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ orthorhombique. Les mesures ont été faites entre 4400 et 3460 Å par photométrie photographique. Le montage indiqué dans une Note précédente ⁽¹⁾ a été modifié. Il comporte un prisme de Glazebrook, collé à la glycérine, après

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 558-560.

la lentille qui projette l'image de la source sur la fente du spectrographe. La lame cristalline est disposée contre cette fente sur un support permettant d'orienter successivement ses lignes neutres suivant la vibration incidente maintenue fixe.

Pour utiliser la méthode différentielle dont les avantages ont déjà été exposés (1), on a taillé des lames d'épaisseurs $0^{\text{mm}},37$ et $0^{\text{mm}},50$ pour le cristal quadratique; $0^{\text{mm}},43$ et $0^{\text{mm}},57$ pour le cristal orthorhombique.

Afin de pouvoir comparer les cristaux entre eux et avec la solution aqueuse, on a calculé les résultats pour des épaisseurs telles que le même nombre d'ions Ni^{++} soit rencontré par la lumière. A 1^{cm} de solution à $1,93$ mol-g/l. correspondent $0^{\text{cm}},249$ pour le cristal quadratique et $0^{\text{cm}},285$ pour le cristal orthorhombique.

Le nombre des spectres complique un peu l'expression des résultats. Nous adopterons le mode de classement suivant :

$\text{SO}_4\text{Ni}, 6\text{H}_2\text{O}$ quadratique.

A. LAME PARALLÈLE A p (001) (PERPENDICULAIRE A L'AXE OPTIQUE). — L'absorption est sensiblement la même qu'en lumière naturelle.

B. LAME PARALLÈLE A m (100) (PARALLÈLE A L'AXE OPTIQUE).

I. *Vibration perpendiculaire à l'axe optique.* — L'absorption est supérieure à la précédente, et d'autant plus que la longueur d'onde est plus voisine du maximum, mais ce dernier n'est pas déplacé.

II. *Vibration parallèle à l'axe optique.* — L'absorption a considérablement diminué et le maximum est décalé de 30 \AA vers les petites longueurs d'onde.

Coefficient d'extinction k (pour $0^{\text{cm}},249$).

Longueur d'onde (\AA).	A.	BI.	BII.
4400.....	0,490	0,570	0,255
4225.....	1,407	1,531	0,704
4110.....	2,948	3,102	1,302
3990.....	5,095	5,400	2,507
3920.....	6,105	6,449	3,603
3890.....	6,225 _{max}	6,605 _{max}	3,792
3860.....	6,090	6,504	3,907 _{max}
3790.....	5,114	5,420	3,423
3690.....	2,980	3,122	1,912
3610.....	1,454	1,551	1,010
3460.....	0,400	0,510	0,308

On voit que le coefficient d'extinction dépend, non seulement de la direction de la vibration, mais encore de celle de la propagation du rayonnement.

$\text{SO}_4\text{Ni}, 7\text{H}_2\text{O}$ orthorhombique.

Les spectres obtenus donnent lieu à des remarques analogues. Conservons la même classification :

- C. LAME PARALLÈLE A h^1 (100).
 III. Vibration suivant [001] [perpendiculaire à p (001)].
 IV. Vibration suivant [010] [perpendiculaire à g^1 (010)].
 D. LAME PARALLÈLE A g^1 (010).
 V. Vibration suivant [001] [perpendiculaire à p (001)].
 VI. Vibration suivant [100] [perpendiculaire à h^1 (100)].
 E. LAME PARALLÈLE A p (001).
 VII. Vibration suivant [010] [perpendiculaire à g^1 (010)].
 VIII. Vibration suivant [100] [perpendiculaire à h^1 (100)].

Coefficient d'extinction k (pour $0^{\text{cm}}, 285$).

Longueur d'onde (\AA).	C.		D.		E.	
	III.	IV.	V.	VII.	VII.	VIII.
4400.....	0,815	0,700	0,755	0,370	0,632	0,280
4225.....	2,480	1,900	2,297	0,915	1,710	0,798
4110.....	4,603	3,702	4,397	1,690	3,420	1,607
3990.....	7,243	5,900	6,575	3,257	5,507	2,992
3920.....	7,817 _{max}	6,595 _{max}	7,410 _{max}	4,212	6,207 _{max}	3,807
3890.....	7,695	6,515	7,287	4,315 _{max}	6,100	3,907 _{max}
3860.....	7,467	6,300	7,100	4,182	5,790	3,785
3790.....	5,822	4,792	5,495	3,338	4,447	3,012
3690.....	3,397	2,652	3,115	1,810	2,402	1,587
3610.....	1,657	1,298	1,490	0,935	1,200	0,800
3460.....	0,492	0,398	0,473	0,300	0,350	0,247

Relations entre les spectres des deux types de cristaux. — Les courbes $k=f(\lambda)$ ont la même allure générale. Si l'on donne à celles du cristal quadratique A, BI et BII une translation parallèle à l'axe des λ , de 30 \AA vers les petites longueurs d'onde, on retrouve respectivement les courbes EVII, CIV, et EVIII du cristal orthorhombique.

Remarque. — Toutes les courbes $k=f(\nu)$ sont symétriques par rapport à la verticale d'abscisse ν_{max} .

EFFET RAMAN. — *Spectres de vibration des carbonates orthorhombiques naturels :*

Étude expérimentale de la cérusite ⁽¹⁾. Note de M^{lle} **LUCIENNE COUTURE**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les spectres de Raman des cristaux d'aragonite et de cérusite sont très différents. Nous avons cherché dans la structure de ces cristaux l'origine de ces différences. Il nous est apparu, en particulier, que, en raison de la grande polarisabilité de l'ion Pb, le réseau de la cérusite s'écarte du type des réseaux ioniques, présenté par l'aragonite, pour se rapprocher du type des réseaux

⁽¹⁾ Voir les *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 646 et 669.

lamellaires, chaque lamelle étant formée d'un plan d'ions Pb perpendiculaire à l'axe OZ, entouré de deux plans parallèles d'ions CO³. Les résultats expérimentaux relatifs à la cérusite sont les suivants :

Fréquence en cm ⁻¹	Intensité relative	Largeur en cm ⁻¹	Polarisation, cas						Type
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	
58.....	TF18		0	0	∞	∞	∞	∞	B _{1g}
73.....	TF		0	0	0	0	—	—	A _{1g}
73.....	f		0	0	∞	∞	∞	∞	B _{1g}
90,5.....	f		∞	∞	∞	0	∞	0	B _{2g}
103.....	F 6		∞	∞	∞	0	∞	0	B _{2g}
119,5.....	m 1,6		0	—	∞	—	∞	∞	B _{1g}
131.....	f 0,7		0	—	0	—	0	0	A _{1g}
145.....	m 2,9		0	0	0	0	—	0	A _{1g}
147-152...			∞	∞	~1	~1	~1	0,5	B _{2g} , B _{3g}
168.....	m 2,0		0	0	0	0	0	0	A _{1g}
170-178...			∞	∞	~1	~1	~1	1,8	B _{2g} , B _{3g}
217.....	f		0	—	0	—	—	—	A _{1g}
227.....	f 0,9		0	—	∞	—	∞	∞	B _{1g}
233.....			—	—	∞	—	∞	∞	B _{1g}
244.....	f		∞	—	0	—	0	∞	B _{3g}
683 (ν ₃)...	f 0,3	7	∞?	∞	∞	—	∞	0	B _{2g}
838 (ν ₂)...	f 0,4	7	0	0	0	0	0	0	A _{1g}
1054 (ν ₁)...	F 4	8	0	0	0,3	0,3	0,2	0,2	A _{1g}
1363 (ν ₄)...	m 1,3	14	0	0	∞	∞	∞	∞	B _{1g}
1377 »...	m 1,4	16	∞	∞	∞	0	∞	0	B _{2g}
1478 »...	m 2,0	29	∞	∞	0	∞	0	∞	B _{3g}

Les intensités relatives ont été mesurées dans le cas 6.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — I. *Vibrations externes*. — On trouve au total 5 A_{1g}, 5 B_{1g}, au moins 4 B_{2g}, au moins 3 B_{3g}. La différence avec les données de symétrie est faible. Il est difficile d'admettre, comme nous l'avons fait pour l'aragonite, que les librations exécutées par les ions CO³ sont sans influence sur les ions métalliques voisins. En effet, dans cette hypothèse, nous trouvons pour les librations des ions CO³ en opposition de phase des règles d'interdiction supplémentaires non exigées par la symétrie : or, pour la cérusite, il existe à peu près toutes les raies permises par la symétrie. D'autre part, on peut attribuer aux librations en phase de type B_{2g} la raie à 103 cm⁻¹ et à celles de type B_{3g} une raie faible dans le groupe 147-152 cm⁻¹. Nous rencontrons là un effet de la grande cohésion existant entre ions CO³ et ions Pb voisins. Le spectre présente par contre deux raies très fortes de basse fréquence qu'on ne trouve pas dans le spectre de l'aragonite (58 cm⁻¹ de type B_{1g} et 73 cm⁻¹ de type A_{1g}). Nous avons pu les attribuer à des vibrations des lamelles élémentaires de la cérusite les unes par rapport aux autres dans les directions OX (type A_{1g}) et OY (type B_{1g}). On peut comparer ces vibrations de lamelles cristallines (pour des cristaux à réseau lamellaire) aux vibrations de l'ensemble des molécules

(pour des cristaux à réseau moléculaire) mises en évidence par A. Kästler et A. Rousset ⁽²⁾ et produisant, elles aussi, des raies de Raman fortes et de basse fréquence.

II. *Vibrations internes.* — L'étude du spectre révèle une importante déformation de l'ion CO_3 , pourtant insensible aux rayons X. La perte de l'axe ternaire se manifeste, pour les vibrations ν_4 , par une cessation de dégénérescence produisant une séparation de fréquence de l'ordre de 100 cm^{-1} . La perte du plan de symétrie perpendiculaire à l'axe ternaire se manifeste par l'apparition des raies 838 cm^{-1} (A_{1g}), 683 cm^{-1} (B_{2g}), 1377 cm^{-1} (B_{2g}), 1478 cm^{-1} (B_{3g}). On met donc en évidence la perte de tous les éléments de symétrie hormis le plan σ_x , en accord avec les données de symétrie cristallographiques.

Signalons que la fréquence 1054 cm^{-1} est anormalement basse pour l'ion CO_3 compris dans un cristal; nous pensons que ceci est dû à l'entourage des ions Pb. L'absence pour les vibrations ν_3 de raies correspondant aux coefficients du tenseur qui apparaissent dans la vibration correspondante de l'ion libre peut s'expliquer par la grande proximité de certains ions Pb. D'autre part, nous voyons apparaître deux vibrations propres résultant de couplages différents dans la maille d'une même vibration interne de l'ion CO_3 ; il leur correspond les raies 1363 cm^{-1} (B_{1g}) et 1377 cm^{-1} (B_{2g}). Ces résultats s'accordent avec les résultats expérimentaux trouvés en infrarouge ⁽³⁾.

Les raies provenant des vibrations ν_4 (qui développent de forts moments électriques M_x et M_y) sont anormalement larges, de même que les bandes de réflexion infrarouge relatives aux vibrations externes V_x et V_y de moments M_x et M_y ⁽⁴⁾. Ce fait n'existe pas dans l'aragonite et semble lié à la structure quasi lamellaire de la cérusite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de dosage de l'iode dans les substances organiques.* Note de M. ALAIN HOREAU, présentée par M. Marcel Delépine.

M. Delépine a indiqué l'emploi du manganite de potassium pour la recherche qualitative et quantitative des éléments ⁽¹⁾. Nous avons adapté ce réactif au microdosage de l'iode dans les substances organiques par une sorte de combustion, suivie d'une méthode volumétrique qui évite une pesée d'iodure d'argent.

Principe. — Par calcination de la substance avec le manganite, l'iode est transformé en iodure alcalin; ce sel soluble est extrait à l'eau bouillante dans un appareil de Kumagawa, tandis que le manganite insoluble reste dans la

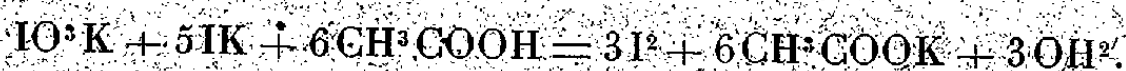
⁽²⁾ *Journal de Physique*, 2, 1941, p. 49.

⁽³⁾ C. SCHAEFER, C. BORMUTH et FR. MATOSI, *Zeits. Physik*, 39, 1926, p. 648.

⁽⁴⁾ TH. LIEBISCH et H. RUBENS, *Sitzungsber. Berlin*, 12, 1919, p. 198.

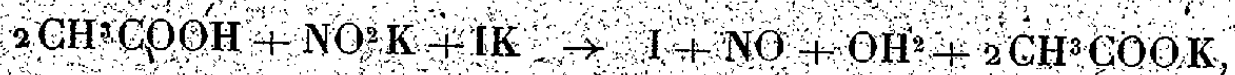
⁽¹⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 8, 1941, p. 685.

cartouche; l'iodure alcalin est transformé en iodate par quelques cristaux de permanganate en milieu légèrement alcalin; l'excès de permanganate est détruit par un peu d'alcool: il suffit ensuite d'ajouter à la solution filtrée de l'iodure de potassium et de l'acide acétique pour libérer six fois la quantité d'iode présente dans la prise d'essais, suivant la réaction bien connue



On opère sur une portion aliquote de la solution filtrée et l'on dose l'iode, en présence d'amidon soluble, par une solution d'hyposulfite de sodium titrée.

Dans le cas des substances azotées, il se produit de petites quantités de nitrite qui rendent impossible le dosage de l'iode par l'hyposulfite de sodium; l'iodure alcalin formé lors du dosage réagit en effet sur les nitrites en libérant à nouveau de l'iode, suivant la réaction



et, ainsi que l'a montré Blanc ⁽²⁾, il y a régénération des produits nitreux au contact de l'air; aussi la solution se recoloré-t-elle d'une manière continue. On détruira donc ces nitrites, suivant la méthode de Bernier et Péron ⁽³⁾ par chauffage en milieu acétique avec un excès de chlorhydrate d'ammoniaque.

Remarque. — L'extraction dans un appareil de Kumagawa est absolument nécessaire pour les petites quantités, car le manganite adsorbe une partie non négligeable de l'iodure alcalin. Nous avons essayé de mettre le produit de la calcination dans une fiole jaugée et d'opérer sur une portion connue de la solution filtrée; compte tenu du volume de manganite, les résultats sont toujours trop faibles.

Mode opératoire. — Dans un petit tube à combustion de 20^{cm} de long et de 7 à 8^{mm} de diamètre intérieur, on introduit 0^g,2 environ du manganite (qu'il est avantageux de calciner avant l'emploi) puis 10 à 20^{mg} de substance pesée exactement (au 1/100 de milligramme); le tube rempli avec 2^g,5 environ de manganite est placé dans la gouttière d'une petite grille à combustion. On chauffe progressivement, en commençant par la partie ouverte et termine par cinq minutes au rouge. On verse alors le contenu du tube dans le panier d'un appareil de Kumagawa de 250^{cm} muni de sa cartouche. Ce panier a une capacité utile de 40^{cm} environ; la cartouche est fabriquée en coiffant d'un papier filtre rond le fond d'un tube à essai d'un diamètre un peu inférieur à celui de la nacelle. Les cartouches habituelles laissent, en effet, passer un peu de manganite et le liquide d'extraction est foncé au lieu d'être à peu près incolore. On rince le tube à combustion en plusieurs fois avec 25^{cm} d'eau en tout qu'on introduit dans la cartouche. On met dans le ballon 45^{cm} d'eau et chauffe 1 h. 30 min. à forte ébullition. Dans ce temps le panier se vide une vingtaine de fois, ce qui est suffisant pour une extraction complète de l'iodure alcalin. Après avoir enlevé le panier qu'on rince extérieurement, on ajoute quelques cristaux de MnO^-K et chauffe à douce ébullition cinq minutes environ. La solution doit être encore rouge; on ajoute 1 à

⁽²⁾ Thèse Doct. Univ., Paris, 1911.

⁽³⁾ Journal de Pharmacie, 4, 1911, p. 151.

2^{cm} d'alcool et chauffe quelques instants pour décolorer la solution. On fait passer le tout dans un ballon jaugé de 110^{cm} en rinçant plusieurs fois, et l'on filtre 100^{cm} en repassant sur filtre les premières portions. (le liquide filtré doit être rigoureusement exempt de manganite qui libérerait de l'iode au contact de IK). *Dans le cas d'une substance non azotée*, on libère immédiatement l'iode en ajoutant 1^s d'iodure de potassium et 2^{cm} d'acide acétique. *Dans le cas d'une substance azotée*, on ajoute 10^{cm} d'acide acétique, 1^s de chlorure d'ammonium et l'on porte à douce ébullition pendant cinq minutes. On ajoute ensuite à froid 1^s d'iodure de potassium. On dose alors l'iode dans les deux cas par une solution d'hyposulfite de sodium de titre défini, mesuré au moyen d'une solution d'iodate obtenue par pesée; quand la coloration de l'iode est devenue très faible, on termine en présence de 1^{cm} environ d'amidon soluble à 1 %.

Nous avons appliqué cette méthode, avec le concours de M^{lle} Malsac, en opérant habituellement sur des quantités de substance de l'ordre de 15^{mg}, mais on peut également opérer sur des quantités plus petites ou 10 fois plus grandes (voir essai au bas du tableau). Les résultats sont très bons.

Substance.	Poids (en mg).	Volume d'hyposulfite pour 10/11. ^{cm}	Titre de l'hyposulfite.	Iode %	
				trouvé.	calculé.
Iodacétate de cholestéryle $C^{29}H^{47}O^2I$	11,81	11,8	0,98 N/100	22,8	22,9
	14,38	14,5	0,98 »	23,0	
	13,82	13,9	0,975 »	22,8	
	12,64	12,8	0,975 »	23,0	
Iodométhylate de cinchonidine $C^{19}H^{22}ON^2.CH^3I$	11,91	14,95	0,985 »	28,8	29,1
	14,10	17,9	0,985 »	29,1	
	12,10	15,3	0,985 »	29,0	
	11,97	15,3	0,97 »	28,85	
Iodotoluène C^7H^7I	13,38	17,05	0,975 N/50	57,8	58,2
	16,07	20,05	0,975 »	57,9	
Acide Iodacétique $C^2H^3O^3I$...	16,07	23,04	1,01 »	68,45	68,3
	14,69	21,275	1,01 »	68,1	
γ -Iodobutyrate d'éthyle $C^6H^{11}O^2I$	28,85	15,85	1,025 N/25	52,45	52,45
Benzalacétophénone diiodée $C^6H^5-Cl:Cl.CO.C^6H^5$...	14,94	17,65	1,01 N/50	55,5	55,2
	14,18	16,8	1,00 »	55,15	
	13,74	16,3	0,9975 »	55,1	
	148,6	35,05	N/10	54,9 (a)	
	4,44	10,75	0,98 N/100	55,2 (b)	
	3,83	9,3	0,98 »	55,4 (c)	

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyrogénéation dans le vide des salicylates de zinc, de cadmium, de cuivre et de fer bivalent*. Note (1) de M. MARCEL CHAIGNEAU, présentée par M. Paul Lebeau.

L'action de la chaleur, dans le vide, sur les salicylates normaux précédemment étudiés nous a permis d'isoler les salicylates basiques correspondants (2);

(1) Séance du 30 octobre 1944.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 671; 216, 1943, p. 385.

il nous a paru intéressant d'en soumettre quelques autres aux mêmes conditions expérimentales.

Selon la même technique, les sels, deshydratés dans le vide, ont été soumis à la pyrogénéation de la température du laboratoire jusqu'à 1000°. Les gaz recueillis ont été analysés selon le procédé de P. Lebeau⁽³⁾.

Le salicylate ferreux a été préparé par double décomposition entre les solutions de salicylate monosodique et de chlorure ferreux, en atmosphère d'hydrogène ou d'anhydride carbonique. Cela rend inutile l'addition d'hydro-sulfite de sodium comme dans le procédé de Claasz⁽⁴⁾. Le sel dihydrate ainsi obtenu est stable à l'air sec, mais, par contre, le sel anhydre se colore instantanément dès son exposition à l'air. C'est pourquoi l'expérimentation concernant le salicylate basique ferreux a dû subir une petite modification, qui consistait à opérer directement dans un tube de verre taré et scellé après refroidissement.

La décomposition se manifeste tout d'abord par un dégagement d'acide salicylique, qui se condense sur les parois froides du tube à la sortie du four (à 170°, Zn; 135°, Cd; 90°, Cu; 125°, Fe).

A température plus élevée apparaissent des cristaux de phénol en même temps que se produit un premier dégagement gazeux constitué par de l'anhydride carbonique pur (235°, Zn; 230°, Cd; 220°, Cu; 245°, Fe).

En arrêtant le chauffage à des températures inférieures à ces dernières, le résidu contient encore une grande proportion de salicylate normal non décomposé. Par contre, dès que l'anhydride carbonique a été entièrement dégagé, en maintenant la nacelle à 250° environ, il ne subsiste plus que les salicylates basiques purs. Les analyses quantitatives ont confirmé ces résultats.

Des corps décomposés par l'acide chlorhydrique dilué, on n'a pu isoler que de l'acide salicylique pur (F 157°) sans trace d'acide oxyisophtalique, alors que le salicylate basique de cadmium obtenu par OEchsner de Coninck⁽⁵⁾ contenait de l'oxyisophtalate de cadmium.

Le salicylate basique de zinc ainsi préparé est jaune, celui de cadmium est blanc, celui de cuivre est vert et le sel ferreux est vert olive. Ils sont insolubles dans l'eau et dans l'alcool.

Ces sels basiques sont stables jusqu'à 300-305°, température à laquelle ils se décomposent. Jusqu'à 1000°, nous avons recueilli les gaz, dont les volumes sont exprimés en centimètres cubes par millimolecule-gramme de salicylate normal anhydre.

Les résultats sont donnés sous forme de graphiques (fig. 1, 2, 3 et 4).

Dans tous les cas les fractions gazeuses étaient constituées par un mélange

(3) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319.

(4) *Arch. der Pharm.*, 253, 1915, p. 342.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, 15, 1914, pp. 608 et 706.

pouvant contenir de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, à l'exclusion des carbures saturés et non saturés.

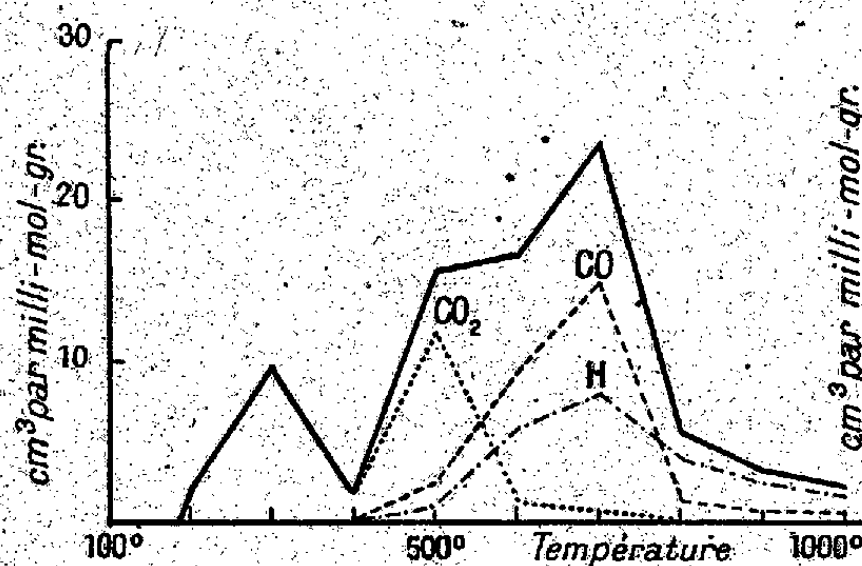


Fig. 1 - Salicylate de fer

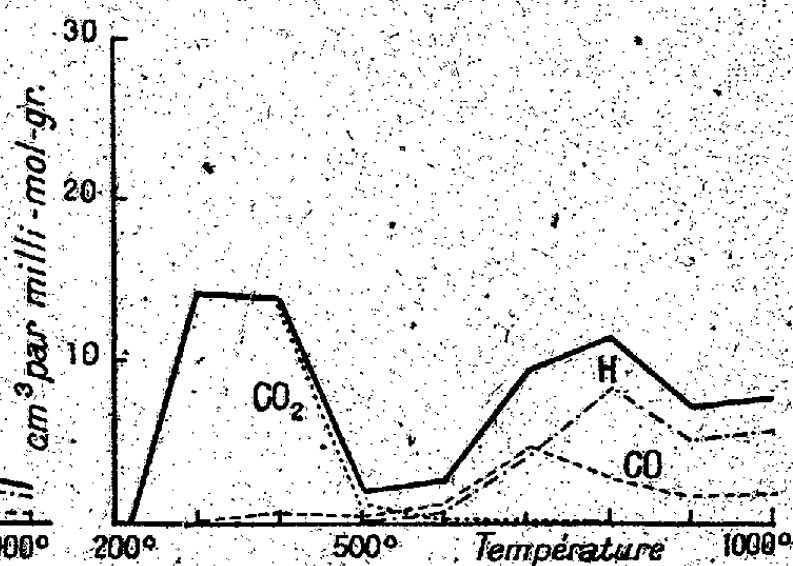


Fig. 2 - Salicylate de cuivre

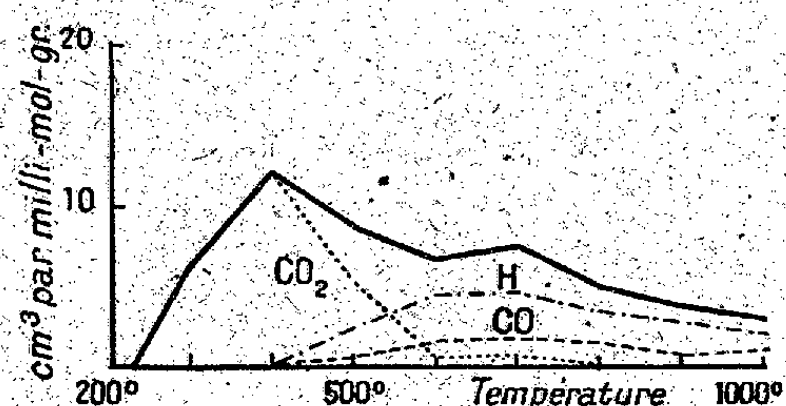


Fig. 3 - Salicylate de zinc

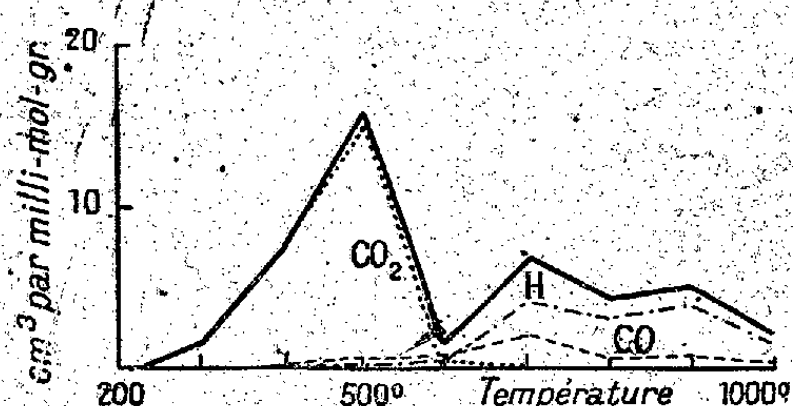


Fig. 4 - Salicylate de cadmium

Les compositions centésimales du dégagement total, pour chacun d'eux, sont les suivantes :

	(A).	CO ₂ %.	CO %.	H %.
Salicylate ferreux.....	79,58	33,47	37,00	29,50
» de cuivre.....	67,89	42,91	20,85	36,07
» zinc.....	53,38	47,83	14,62	37,50
» cadmium.....	44,49	54,10	13,35	32,45

(A) centimètres cubes de gaz dégagés par millimolécule-gramme de salicylate normal anhydre.

Au cours de ces pyrogénations il se condense encore, à la sortie du four, vers 360-380°, des goudrons violets, sauf à partir du sel de cuivre, pour lequel ils sont jaunes.

En outre on observe la distillation du cadmium métallique à partir de 380° et celle du zinc à partir de 460°.

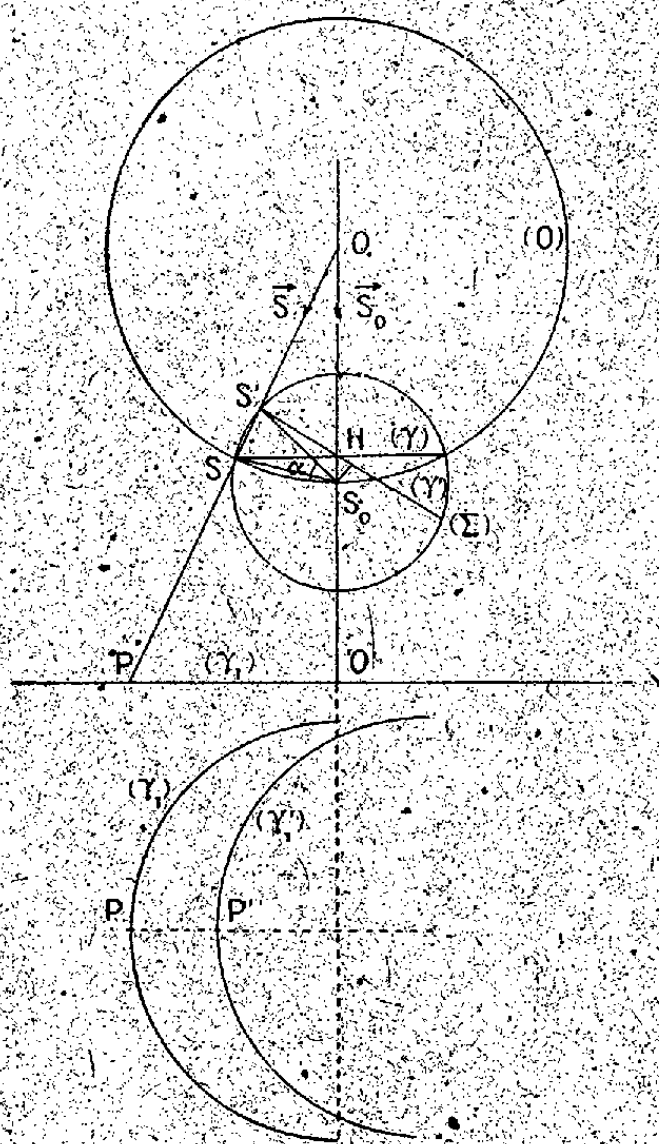
L'ensemble de ces résultats et de ceux obtenus antérieurement nous montre que les courbes de pyrogénéation des salicylates étudiés présentent de grandes analogies, avec un premier maximum correspondant à l'anhydride carbonique et un second situé à 700° ou 800°.

Enfin il est possible de préparer, à 300° dans le vide, les salicylates basiques purs et anhydres de zinc, de cadmium, de cuivre et de fer bivalent.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Chambre de diffraction de rayons X pour la détermination des textures cristallines.* Note (*) de M. **ANDRÉ GUINIER**, présentée par M. Charles Mauguin.

On utilise fréquemment, dans la technique de diffraction des rayons X, des chambres où le film photographique a un mouvement commandé par la rotation de l'échantillon. Plusieurs auteurs, et dernièrement Haworth (²), ont établi sur ce principe des appareils destinés à déterminer l'orientation des cristaux. L'objet de cette Note est de signaler un perfectionnement de ces dispositifs, qui donnent des diagrammes d'une lecture plus aisée.

Soit un échantillon polycristallin : à partir d'une même origine S_0 , traçons les réseaux réciproques de tous les cristaux constitutifs. Considérons les nœuds d'indices donnés (h, k, l) : ils se trouvent tous sur la surface d'une sphère Σ de centre S_0 , et dessinent, sur celle-ci, ce qu'on appelle la *figure de pôles* (h, k, l) . Chercher la texture de l'échantillon revient à déterminer cette figure de pôles



(fig. 1). Faisons tomber sur l'échantillon un rayon monochromatique de direction S_0 . Les rayons diffractés réfléchis par les plans (h, k, l) sont donnés par la construction d'Ewald : ils correspondent aux pôles (h, k, l) situés sur le

(¹) Séance du 3 janvier 1944.

(²) *Review of scientific Instruments*, 11, 1940, p. 88.

petit cercle (γ), intersection de la sphère de réflexion (O), de diamètre $1/\lambda$ et la sphère (Σ); ils rencontrent un film plan, à la distance d de l'échantillon supposé en O , sur un cercle (γ_1) homothétique de (γ) dans le rapport $d/OS_0 \cos 2\theta$.

Nous choisirons pour plans (h, k, l) des plans à grand pouvoir réflecteur et de grande distance réticulaire [par exemple (111) pour les cristaux cubiques à faces centrées], et une courte longueur d'onde (Mo, K_α), de telle sorte que θ est petit et que (γ) est très voisin d'un grand cercle.

Devant le film nous plaçons un écran percé d'une fente semi-circulaire, qui arrête tous les rayons diffractés sauf ceux qui correspondent aux pôles de la moitié SH du cercle (γ). Sur le film sera reproduit ce demi-cercle agrandi dans le rapport $d/OS_0 \cos 2\theta$, l'intensité reçue par le film étant proportionnelle à la densité superficielle des pôles au point correspondant de (Σ). Nous faisons tourner l'échantillon sur son axe O d'un angle α . La sphère (Σ) tourne d'un angle égal autour du diamètre projeté en S_0 . Le cercle (γ) est remplacé par un cercle (γ') déduit de (γ) par la rotation $-\alpha$. En même temps, nous déplaçons le film pour que le demi-cercle (γ') soit reproduit en γ'_1 à côté de γ_1 . En choisissant convenablement le rapport du déplacement du film à la rotation de l'échantillon, nous pourrions avoir une image très peu déformée de la sphère : les cercles (γ) et (γ') sont agrandis sur le film dans le rapport $d/OS_0 \cos 2\theta$; il faut donc que la distance des cercles (γ_1) et (γ'_1), PP' soit égale à $SS' \cdot (d/OS_0 \cos 2\theta)$, c'est-à-dire

$$PP' = 2 OS_0 \sin \theta \cdot \alpha \cdot \frac{d}{OS_0 \cos 2\theta},$$

c'est-à-dire que la vitesse angulaire ω de l'axe O et la vitesse linéaire de la plaque v doivent être liées par la relation

$$v = \frac{2 \omega \sin \theta}{\cos 2\theta}.$$

Dans ces conditions, sous réserve que le petit cercle (γ) soit voisin d'un grand cercle de (Σ), une large bande autour de l'équateur de (Σ) est reproduite sur le film sans déformation appréciable.

Pratiquement, nous avons remplacé le film plan par un film cylindrique de grand rayon, si bien que sa courbure n'a pas d'effet sensible. Il est facile, par un système de poulies, de donner, aux axes de l'échantillon et du support du film, des vitesses dans le rapport voulu. Comme la figure des pôles a un centre de symétrie, il suffit de faire osciller l'échantillon sur 180° .

Un seul diagramme donne ainsi directement environ la moitié de la figure de pôles sans altération, ce qui est généralement suffisant.

Remarquons que le film est atteint également par rayons du spectre continu réfléchi par d'autres plans. Supposons qu'on ait isolé par la fente l'anneau (111) d'un cristal cubique à faces centrées, donné par la radiation MoK_α . Les radiations parasites gênantes seront surtout celles, de plus courte longueur

d'onde, qui sont réfléchies par les plans (200). On les élimine en filtrant le faisceau incident avec un écran de zirconium. Le cliché est alors très pur.

Notre montage facilitera beaucoup l'étude des textures complexes, comme celle des métaux travaillés à froid; celle-ci est ainsi déterminée de façon précise, alors que, par la méthode de Debye-Scherrer, un grand nombre de diagrammes sont nécessaires, sans que le résultat puisse être très sûr.

L'appareil peut aussi être utilisé pour déterminer l'orientation de monocristaux déformés qui donnent des diagrammes de Laue à astérisme difficiles à interpréter. Nous nous en sommes servi pour suivre les changements d'orientation et les déformations d'un monocristal de cuivre soumis à un laminage progressif.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Les effets de la tétraploidie chez le Sorgho sucrier.*

Note de M^{lle} ALINE DUSSEAU, présentée par M. Louis Blaringhem.

La culture du Sorgho sucrier (*Andropogon sorghum* Brot., var. *vulgaris* Hack. ou *Sorghum vulgare* Pers., var. *saccharatum*) commençant à se répandre dans le Sud-Ouest, surtout en vue de la production de l'alcool, nous avons appliqué à deux variétés A et B de cette plante, en avril 1943, le traitement à la colchicine additionnée de méthylcellulose, en déposant une goutte sur le jeune coléoptile, dans le but d'obtenir une lignée tétraploïde pour chacune d'elles.

Les plantules ayant réagi ont donné des plantes un peu plus courtes et plus tardives que les témoins. Les panicules ont été préservées de la pollinisation étrangère par des sacs. La taille des grains de pollen, mesurée comparativement à celle des témoins, a permis de penser que l'opération avait réussi; les graines furent récoltées. Au printemps 1944, l'examen des mitoses, dans la racine principale de ces graines mises au germe, a confirmé la tétraploidie; le nombre des chromosomes s'est révélé égal à 40, alors que chez les témoins nous avons trouvé $2n=20$ comme prévu (Rau, Fawcett, Marinaga, Fukushima, Kanô, Maruyama, Yamasaki, 1929). Les plantules contrôlées, bien que privées de leur racine principale, furent repiquées, avec un numéro, parmi les autres issues des mêmes lots de graines et ne s'en distinguèrent nullement au cours du développement.

Les lots diploïdes et tétraploïdes de nos variétés A et B furent cultivés dans des conditions sans doute assez éloignées des conditions de la culture industrielle, mais en tous cas aussi identiques que possible, une première série à Bordeaux, une autre à Bergerac. Les lots tétraploïdes se distinguèrent par l'absence de tallage et une tardivité marquée qui ne permit pas à la variété B de mûrir cet automne à Bordeaux. Les plantes tétraploïdes sont donc unitiges, plus courtes mais plus trapues que les diploïdes, comme le montrent les tableaux ci-après.

	Plantes à la récolte.			
	Hauteur moyenne.		Diamètre maximum.	
	2n	4n	2n	4n
Variété A.....	275 ^{cm}	215 ^{cm}	22 ^{mm}	36 ^{mm}
» B.....	255	205	18	28

Mais l'expérience avait été faite surtout dans le but de contrôler les variations possibles de la teneur en sucre. L'analyse a donné les résultats suivants en % de matière fraîche des cannes :

		2n.	4n.
Variété A	Sucres réducteurs.....	2,9	5
	Saccharose.....	2,28	2,75
	Sucres totaux.....	5,3	7,9
» B	Sucres réducteurs.....	4,6	6,5
	Saccharose.....	5,51	7,79
	Sucres totaux.....	10,4	14,7

Soit un net enrichissement des tétraploïdes.

Ces résultats, obtenus dans des conditions différentes de celles de la grande culture sur des échantillons réduits et avec des procédés d'extraction rudimentaires; n'ont évidemment qu'une valeur de comparaison. Des essais en culture nous permettront de voir si, malgré leur manque de tallage et leur faible hauteur, les cannes de Sorgho tétraploïdes conserveront leur avantage; il doit être possible de pallier au manque de tallage par aménagement de la densité de la plantation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les principes choliniques du lait et sur leur répartition entre les globules gras et le plasma.* Note de M. ERNEST KAHANE et M^{lle} JEANNE LÉVY, présentée par M. Marc Tiffeneau

Sur une centaine d'échantillons de lait de Vache, ainsi que sur 7 colostrums, sur 8 laits de Brebis et sur un lait de Femme, nous avons recherché et dosé la choline sous ses différentes formes au moyen des procédés antérieurement établis pour l'étude d'autres produits biologiques : dilution limite de la réaction de Florence et dosage biologique après acétylation.

La choline libre et la choline hydrosoluble combinée ont été dosées sur le liquide provenant de la défécation ferrugineuse (sulfate ferrugineux et carbonate de calcium), la première directement, la seconde après hydrolyse chlorhydrique. La choline totale a été dosée après attaque du lait par l'acide sulfurique à 65 % pendant 24 heures à l'étuve à 105°. La choline non hydrosoluble est déterminée par différence.

Les résultats obtenus sur un même échantillon sont constants. Par contre les chiffres obtenus sur les différents laits accusent des variations extrêmement étendues pour la choline libre et la choline hydrosoluble combinée, dont le

taux, exprimé en ion-choline $+N(CH^3)_3CH^2CH^2OH$, est en moyenne de 15 à 35^{mg} par litre. Aucune variation systématique n'a pu être mise en évidence, aussi bien en rapport avec la saison ou l'alimentation, qu'avec la race, ou avec la phase de la lactation; toutefois on a constaté un taux, particulièrement faible et parfois nul, de la choline libre au moment du vêlage. Le taux de la choline totale, et par suite celui de la choline non hydrosoluble qui en constitue la majeure partie, est beaucoup plus constant. Il est compris entre 160 et 280^{mg} par litre, avec une moyenne de 222^{mg}. Les échantillons examinés dans cette série d'expériences étaient beaucoup plus riches en choline hydrosoluble combinée que les précédents, peut-être à cause du retard apporté aux dosages par les mauvaises conditions de travail dues à l'état de guerre. Aussi le chiffre moyen trouvé de 129^{mg} de choline non hydrosoluble par litre doit-il être considéré comme un minimum.

Encore faut-il noter que cette valeur, traduite en lécithine oléo-stéarique, correspondrait à un taux de 1^g de phosphoaminolipides choliniques par litre, soit 1^g,5 environ de phosphoaminolipides totaux d'après la proportion probable de céphalines. Ce taux est voisin des plus élevées parmi les valeurs trouvées par extraction ou par dosage du P lipidique, ce qui nous amène à supposer qu'il pourrait exister une forme non lipidique de la choline non hydrosoluble du lait.

La conservation du lait en l'absence d'antiseptiques entraîne une augmentation notable de la choline hydrosoluble combinée, mais n'affecte pas sensiblement la choline libre.

La crème du lait est pauvre en substances choliniques, quelles qu'elles soient, et c'est dans la phase aqueuse que se trouvent non seulement la totalité de la choline hydrosoluble sous ses deux formes, mais encore près de 96 % de la choline non hydrosoluble. Cette indépendance de la choline sous toutes ses formes vis-à-vis des globules gras ressort également des expériences dans lesquelles des chiffres constants pour la choline libre, la choline hydrosoluble totale et la choline totale ont été obtenus sur des échantillons de lait prélevés au début, au milieu et à la fin de la même traite, alors que leur teneur en matière grasse croît dans la proportion moyenne de 1 à 5. Les taux moyens de la matière grasse, dans les trois portions de la traite, sont de 13^g,7, 37^g,7 et 68^g,5 par litre de lait, alors que ceux de choline libre sont de 10^g,3, 10^g,5 et 10^g,7 par litre, ceux de choline hydrosoluble totale de 27^{mg},4, 33^{mg},6 et 31^{mg},5 et ceux de choline totale de 265^{mg}, 233^{mg} et 250^{mg}. Les phosphoaminolipides du lait ne sont donc pas systématiquement des constituants du globule gras. Ils ne forment pas sa membrane, comme on l'a parfois supposé, ou du moins n'y participent que pour une faible part.

Les lipides extraits par la méthode d'Adam renferment une petite quantité de choline non hydrosoluble, qui est en moyenne de 4^{mg},9, 7^{mg},4 et 14^{mg},3 par litre de lait, ou de 0^{mg},37, 0^{mg},21 et 0^{mg},19 par gramme de lipide (soit 0,2 %

exprimé en lécithine). Les quantités trouvées sont en accord avec les déterminations effectuées dans la crème, par conséquent sans aucune modification physicochimique du système, avec les séparations effectuées par d'autres méthodes et avec l'épuisement par l'acétone du précipité de défécation ferrique. La concordance de ces résultats nous autorise, pensons-nous, à attribuer à une forme biochimique particulière de la choline du lait, la portion qui accompagne aussi fidèlement les globules gras jusque dans leur précipitation ou leur redissolution. Ce constituant formerait environ la vingtième partie des phosphoaminolipides choliniques du lait et différerait du reste des phosphoaminolipides soit par sa constitution, soit par les liaisons auxquelles il est soumis. La majeure partie des constituants choliniques défécables existent manifestement dans le lait à l'état hydrosoluble, et sont sans doute engagés dans des systèmes du type des cénapses de Machebœuf.

TÉRATOLOGIE. — Sur les facteurs de l'achondroplasie.

Note (1) de M. **PAUL ANCEL**, présentée par M. Justin Jolly.

L'achondroplasie est une affection congénitale essentiellement caractérisée par la brièveté des membres et une déformation de la tête qui sont dues à un arrêt de développement de certains os à ébauche cartilagineuse. Les nains achondroplases ont été étudiés chez l'Homme, les Mammifères domestiques et le Poulet. De nombreuses hypothèses ont été faites sur les facteurs de l'achondroplasie. Certains auteurs l'ont considérée comme une mutation conditionnée par l'altération d'un gène. Les autres, au contraire, l'ont cru déterminée par un facteur exogène consistant soit en une action mécanique du cordon ou de l'amnios, soit en un vice de fonctionnement de certaines glandes à sécrétion interne de la mère ou de l'embryon (thyroïde, thymus, hypophyse, glandes génitales, placenta) ou enfin dépendante d'une infection ou d'une intoxication. Le nombre des cas où l'hérédité pouvait être nettement mise en évidence allant toujours croissant, l'existence du facteur génotypique s'est trouvée solidement démontrée et c'est à son action que les auteurs ont actuellement tendance à rapporter tous les cas d'achondroplasie.

En collaboration avec M^{me} Lallemand (2) nous avons réalisé l'achondroplasie chez l'embryon du Poulet à l'aide de certaines substances chimiques (paraminobenzènesulfamide et salicylate d'ésérine), démontrant ainsi que cette chondrodysplasie peut être déterminée par un facteur exogène. Il apparaît donc que, dans les cas spontanés, le facteur de l'achondroplasie peut être soit exogène, soit endogène. Les observations faites par certains auteurs dans des cas spontanés et les nôtres dans des cas expérimentaux montrent que, dans les uns comme dans les autres, l'action de ces facteurs s'exerce sur les cellules mésen-

(1) Séance du 3 janvier 1945.

(2) *Arch. phys. biol.*, 15, 1941, F. 50, p. 1.

chymateuses, vers le moment où elles se transforment en cellules cartilagineuses. Le métabolisme s'oriente à ce stade de différenciation dans une voie nouvelle, et le facteur achondroplasiant agit vraisemblablement en troublant la série des réactions chimiques qui s'installent. Le facteur exogène agit en introduisant dans la cellule une substance chimique étrangère. Des travaux récents de *génétique physiologique* permettent de penser que le mode d'action du facteur endogène est du même ordre. Ces travaux ont en effet montré d'une part que les gènes provoquent l'apparition de substances spécifiques analogues aux hormones et d'autre part qu'une déficience dans le développement d'une ébauche organique due à l'altération d'un gène pouvait être supprimée, et le développement de cette ébauche normalement assuré par l'injection dans l'organisme d'une substance chimique déterminée (³). Une différenciation paraît donc nécessiter l'introduction, dans le cycle des réactions chimiques cellulaires, d'une substance déterminée, qui est normalement fournie par un gène, mais qui peut être remplacée par une substance chimique introduite expérimentalement dans l'organisme. Une altération de ce gène, c'est-à-dire une modification de sa constitution chimique, devra dès lors avoir pour effet d'orienter le cours des réactions génératrices de la différenciation dans un sens différent de la normale, et certaines substances étrangères introduites expérimentalement dans l'organisme devront pouvoir produire le même effet. Toutes les malformations héréditaires doivent donc pouvoir être reproduites expérimentalement à l'aide de certaines substances chimiques en quelque manière spécifiques pour chaque malformation, comme l'achondroplasie l'a été exclusivement, avec certaines sulfamides et des sels d'ésérine, dans nos expériences portant sur 90 de ces substances.

A 15^h 40^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITE SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Charles Achard* :

<i>En première ligne</i>	M. ALPHONSE BAUDOUIN.
<i>En seconde ligne</i>	M. CHARLES LAURRY.
<i>En troisième ligne, ex æquo par</i>	MM. ROBERT DEBRÉ.
<i>ordre alphabétique</i>	NOEL FIESSINGER.
	MAURICE LOEPER.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17^h.

L. B.

(³) M^{me} Y. KHOUYINE, S. CHEVAIS et J. GREGOIRE, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 161.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **ANDRÉ PAILLOT**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu, à Saint-Genis-Laval (Rhône), le 23 décembre 1944 et celui de M. **MAURICE NICLOUX**, Correspondant pour la Section de Chimie, survenu à Annecy, le 5 janvier 1945.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Charles Achard* décédé.

Le nombre de votants étant 44,

M. Charles Laubry	obtient	24 suffrages
M. Alphonse Baudouin	»	20. »

M. **CHARLES LAUBRY**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection de deux Associés étrangers.

A l'unanimité des suffrages, M. **CHARLES DE LA VALLÉE-POUSSIN** est proclamé élu en remplacement de M. *Edmond Beecher Wilson* décédé, et M. **MAURICE LUGEON** est proclamé élu en remplacement de M. *Waldemar Christofer Brögger* décédé.

Leurs élections seront soumises à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Faune de France. 43. *Insectes ectoparasites* (Mallophages, Anoploures, Siphonaptères), par EUGÈNE SEGUY (présenté par M. L. Fage).

Faune de l'Empire français. II. *Mammifères ongulés de l'Afrique noire*, deuxième partie : *Tragulidés, Giraffidés, Suidés* (Phacochère, Potamochère, Hylochère), *Hippopotamidés* (Hippopotame), *Périssodactyles* (Rhinocéros), *Proboscidiens* (Éléphant), *Hyraciens* (Damans), par PAUL RODE (présenté par M. L. Fage).

M. **JEAN COULOMB** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée en 1944 sur la *Fondation Villemot*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Généralisations du théorème de M. Khintchine sur la validité de la loi des grands nombres pour les suites stationnaires de variables aléatoires.* Note ⁽¹⁾ de M. **KY FAN**, présentée par M. Joseph PÉRES.

1. Considérons une suite de variables aléatoires $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$ définies sur une même catégorie d'épreuves et en général arbitrairement liées. Nous supposons que la valeur moyenne ⁽²⁾ $\mathcal{M} X_n^2$ de X_n^2 existe et soit finie, quel que soit n . Nous avons pu établir le théorème que voici :

THÉOREME 1. — *Pour que la loi des grands nombres ⁽³⁾ s'applique à la suite de variables aléatoires $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$, il suffit que les expressions*

$$(1) \quad \frac{1}{m} \{ \mathcal{M} (X_{n+1} + X_{n+2} + \dots + X_{n+m})^2 - \mathcal{M} (X_1 + X_2 + \dots + X_m)^2 \}$$

et

$$(2) \quad \mathcal{M} [(X_1 + X_2 + \dots + X_m) X_{m+1}] = \mathcal{M} [(X_1 + X_2 + \dots + X_{m+1}) X_{m+2}]$$

soient bornées supérieurement quand m, n varient ($m, n = 1, 2, 3, \dots$).

On voit immédiatement que, pour toute suite stationnaire [au sens de M. Khintchine ⁽⁴⁾] de variables aléatoires, les expressions (1) et (2) sont bornées supérieurement.

⁽¹⁾ Séance du 3 janvier 1945.

⁽²⁾ Nous employons la notation $\mathcal{M} X$ pour désigner la valeur moyenne d'une variable aléatoire X .

⁽³⁾ On dit que la loi des grands nombres s'applique à une suite de variables aléatoires X_1, X_2, \dots, X_n lorsque l'expression $(X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$ converge en probabilité.

⁽⁴⁾ *Recueil Math. Moscou*, 40, 1933, pp. 124-128.

2. Soit E_1, E_2, \dots, E_n une suite d'événements fortuits définis sur une même catégorie d'épreuves et arbitrairement dépendants. Désignons par p_i la probabilité de l'événement E_i et par $p_{i,j}$ la probabilité que se produisent simultanément les événements E_i et E_j . Le théorème suivant résulte immédiatement du théorème précédent.

THÉOREME 1 bis. — Si les expressions

$$(3) \quad \frac{1}{m} \sum_{1 \leq i < j \leq m} (p_{n+i, n+j} - p_{i,j}),$$

et

$$(4) \quad \sum_{t=1}^m (p_{t, m+1} - p_{t+1, m+2})$$

sont bornées supérieurement quand m, n varient ($m, n = 1, 2, 3, \dots$), la suite d'événements $E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$ obéit à la loi des grands nombres.

Toute suite stationnaire d'événements (*) vérifie évidemment les hypothèses du théorème 1 bis. Mais, pour une suite stationnaire d'événements, on suppose, entre autres, que la probabilité p_i est indépendante de i . Dans nos hypothèses du théorème 1 bis n'interviennent que les probabilités $p_{i,j}$ du concours de deux événements E_i, E_j avec $i \neq j$; les probabilités p_i n'entrent pas en ligne de compte.

3. On peut généraliser la notion de suite stationnaire en disant qu'une suite d'événements est *N-stationnaire* (N étant un nombre entier ≥ 0), si, pour tout couple d'indices i et j tels que $|i - j| \geq N$, la probabilité $p_{i,j}$ ne dépend que de la différence $|i - j|$. On a ainsi une échelle de modes de stationarité de plus en plus larges lorsque N est pris de plus en plus grand. Les suites *O-stationnaires* ne sont autres que les suites stationnaires au sens de M. Khintchine. On peut montrer que, quel que soit le nombre entier $N \geq 0$, toute suite *N-stationnaire* d'événements satisfait aux hypothèses du théorème 1 bis et par conséquent, obéit à la loi des grands nombres.

4. Nous avons pu également démontrer la proposition suivante :

THÉOREME 2. — Si l'expression (1) est bornée supérieurement quand m, n varient et si la limite

$$(5) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\mathcal{M}[(X_1 + \dots + X_n)X_{n+1}]}{n}$$

existe, alors la suite de variables aléatoires X_1, X_2, \dots, X_n obéit à la loi des grands nombres.

De là découle aussitôt le théorème suivant :

THÉOREME 2 bis. — Pour que la suite d'événements $E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$ obéisse à la loi des grands nombres, il suffit que l'expression (3) soit bornée supérieu-

(*) A. KHINTCHINE, *Giorn. Istituto Ital. Attuari*, 3, 1932, pp. 267-272.

rement quand m, n varient et que la limite

$$(6) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{i,n+1}$$

existe.

On remarque que toute suite stationnaire d'événements satisfait aux conditions du théorème 2 bis.

Nos résultats peuvent être regardés comme des généralisations du théorème de M. Khintchine sur la validité de la loi des grands nombres pour les suites stationnaires de variables aléatoires ou d'événements.

GEOMETRIE. — *Sphères de Taylor du tétraèdre.*

Note (1) de M. VICTOR THÉBAULT, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un triangle quelconque $T \equiv ABC$, les cercles inscrit et exinscrits (I) et (I_a) , (I_b) , (I_c) , de centres I , I_a , I_b , I_c , qui touchent BC , CA , AB en (D, E, F) , (D_a, E_a, F_a) , \dots , (D_c, E_c, F_c) , sont toujours extérieurs deux à deux. Les cercles décrits sur $E_a F_a$, $D_b F_b$, $E_c D_c$ comme diamètres, rencontrent donc $I_b I_c$, $I_c I_a$, $I_a I_b$ aux *points-limites* L_a et L'_a , L_b et L'_b , L_c et L'_c des cercles (I_b) et (I_c) , (I_c) et (I_a) , (I_a) et (I_b) . Ces points-limites coïncident avec les projections orthogonales des points de rencontre de BC , CA , AB avec les cercles décrits sur $I_b I_c$, $I_c I_a$, $I_a I_b$ comme diamètres, c'est-à-dire avec les projections des pieds des hauteurs A , B , C du triangle $T' \equiv I_a I_b I_c$ sur ses côtés. Dans le triangle T' , le cercle de Taylor coïncide donc avec le cercle (Ω) orthogonal aux cercles exinscrits (I_a) , (I_b) , (I_c) de son triangle orthique ABC , qui contient les points-limites $L_a, L'_a, L_b, L'_b, L_c, L'_c$ (2). Une inversion de pôle I_a transforme (I_b) et (I_c) en deux cercles concentriques (I') , (I_a) en un cercle (I'_a) et (Ω) en la droite $I' I'_a$. Le cercle (Ω) est donc l'inverse de la droite $I' I'_a$ et son centre coïncide avec celui du cercle inscrit au triangle complémentaire de ABC .

Les cercles de Taylor des triangles $II_b I_c$, $II_c I_a$, $II_a I_b$ se construisent de la même façon.

2. Dans un tétraèdre quelconque $T \equiv ABCD$, la sphère inscrite (I) , les sphères exinscrites dans les trièdres tronqués (I_a) , (I_b) , (I_c) , (I_d) et les trois sphères des combles (I_1) , (I_2) , (I_3) , sont toujours extérieures deux à deux. Les points-limites des sphères (I_a) et (I_b) , (I_b) et (I_c) , (I_c) et (I_d) , (I_d) et (I_a) , (I_a) et (I_b) , (I_b) et (I_c) , sont donc sur la sphère (Ω) orthogonale aux sphères (I_a) , (I_b) , (I_c) , (I_d) , qui est toujours réelle.

Si les sphères (I_b) , (I_c) , (I_d) touchent le plan BCD en B_1 , C_1 , D_1 , les sphères

(1) Séance du 23 octobre 1944.

(2) Cercle signalé pour la première fois sous le pseudonyme Eutaris (*Journal de Vuibert*, 2, 1877, p. 30) et étudié par H. M. Taylor (*Proceedings of the London Mathematical Society*, 15, 1884, p. 122).

décrites sur les côtés du triangle $B_1 C_1 D_1$, comme diamètres rencontrent $I_b I_c$, $I_c I_d$, $I_d I_b$ aux points-limites L_d et L'_d , L_b et L'_b , L_c et L'_c des sphères (I_b) , (I_c) , (I_d) prises deux à deux et les sphères décrites sur les côtés du triangle $I_b I_c I_d$ comme diamètres rencontrent $B_1 C_1$, $C_1 D_1$, $D_1 B_1$ en six points δ et δ' , β et β' , γ et γ' , dont les projections orthogonales sur $I_b I_c$, $I_c I_d$, $I_d I_b$ coïncident avec les points-limites des sphères considérées. Des remarques analogues concernent les configurations formées par les points de contact C_2 , D_2 , A_1 , ... des sphères (I_a) , (I_b) , (I_c) , ... sur les plans CDA , ... et les sphères associées aux triangles $I_c I_d I_a$ et $C_2 D_2 A_1$, ... similaires des précédentes.

Les projections orthogonales des points (δ et δ' , β et β' , γ et γ'), ... sur les arêtes $(I_b I_c)$, $(I_c I_d)$, $(I_d I_b)$, ... du tétraèdre $T' \equiv I_a I_b I_c I_d$ coïncident donc avec les douze points-limites des sphères (I_a) , (I_b) , (I_c) , (I_d) prises deux à deux et appartiennent à la sphère (Ω) orthogonale à celles-ci (Sphère de Taylor du tétraèdre T').

Une inversion du pôle L_d transforme (I_b) et (I_c) en deux sphères concentriques (I'_b) et (I'_c) et (I_a) en des sphères (I'_a) et (I''_a) , et (Ω) en le plan $I'_a I'_b I'_c$. La sphère (Ω) est donc l'inverse du plan $I'_a I'_b I'_c$ et son centre coïncide avec le point commun aux perpendiculaires menées des centres des cercles $B_1 C_1 D_1$, $C_2 D_2 A_1$, ... sur les plans des faces $I_b I_c I_d$, $I_c I_d I_a$, ... de T' .

Les sphères de Taylor des $8.7.6.5/4.2.3.4 = 70$ tétraèdres provenant des quadruples de sphères tangentes aux quatre plans des faces de T se construisent de la même manière.

3. Dans le plan le triangle T' est circonscrit à T tandis que, dans l'espace, le tétraèdre T' n'est jamais circonscrit à T . C'est ce qui différencie essentiellement les deux configurations, qui se rapprochent le plus dans le cas spécial du tétraèdre T où

$$\cos a + \cos a' = \cos b + \cos b' = \cos c + \cos c',$$

a et a' , ... étant les dièdres suivant les arêtes BC et DA , ...

Dans ce cas particulier, le tétraèdre T' est orthocentrique et d'orthocentre I . Le centre Ω de la sphère de Taylor de T' coïncide avec le point de concours des parallèles aux axes AI , BI , CI , DI de T menées par les centres des cercles circonscrits aux quatre triangles ayant pour sommets les points de contact de trois des sphères (I_a) , (I_b) , (I_c) , (I_d) sur les plans des faces BCD , CDA , DAB , ABC de T .

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — Sur la validité du théorème d'Ehrenfest en mécanique ondulatoire de Dirac. Note de M. FÉLIX BERTAÛT.

A. Le théorème d'Ehrenfest affirme qu'en mécanique ondulatoire de Schrödinger la matrice $\overline{m_0 d^2 x / dt^2}$, masse \times accélération, est égale à la matrice force $\overline{F_x}$, autrement dit qu'entre matrices l'équation (1) de Newton est vérifiée :

$$(1) \quad \overline{F} = m \overline{\gamma},$$

$$(2) \quad \overline{F} = \frac{d\overline{P}}{dt},$$

En théorie de Dirac l'égalité (1) n'est plus vraie (¹). Mais, la théorie de Dirac étant *relativiste*, il convient d'examiner la forme *relativiste* (2) de l'équation de Newton où \vec{P} est la quantité de mouvement *propre* de l'électron. En mécanique de Schrödinger les énoncés (1) et (2) se confondent. Nous allons montrer qu'en mécanique de Dirac l'énoncé (2) seul est vérifié.

Dans le cas d'un champ extérieur défini par le quadrivecteur potentiel $(\vec{V}, \vec{\mathcal{A}})$ supposé réel, on a, en appelant \vec{p} la quantité de mouvement *totale* de l'électron,

$$(3) \quad \vec{P} = \vec{p} - \varepsilon \frac{\vec{\mathcal{A}}}{c},$$

$\varepsilon = -|e|$ est la charge de l'électron. L'équation de Dirac s'écrit, avec la signification usuelle (5) des opérateurs \vec{P} et P_0 du quadrivecteur quantité de mouvement *propre*,

$$(4) \quad (\vec{\alpha} \cdot \vec{P} + P_0 + \alpha_4 m_0 c) \Psi = 0,$$

$$(5) \quad \vec{P} = -\frac{h}{2\pi i} \text{grad} - \varepsilon \frac{\vec{\mathcal{A}}}{c}, \quad P_0 = \frac{h}{2\pi i} \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} - \varepsilon \frac{V}{c}.$$

B. Dérivant par rapport à t la matrice (7) correspondant à l'opérateur \vec{p} (6), quantité de mouvement *totale* de l'électron, on obtient

$$(6) \quad \vec{p} = -\frac{h}{2\pi i} \text{grad}, \quad (7) \quad p_x = -\frac{h}{2\pi i} \int \Psi^* \frac{\partial \Psi}{\partial x} d\tau,$$

$$(8) \quad \frac{dp_x}{dt} = -\frac{h}{2\pi i} \int \left(\frac{\partial \Psi^*}{\partial t} \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \Psi^* \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial t} \right) d\tau = -\frac{h}{2\pi i} \int \left(\frac{\partial \Psi^*}{\partial t} \frac{\partial \Psi}{\partial x} - \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} \frac{\partial \Psi}{\partial t} \right) d\tau.$$

En éliminant $(h/2\pi i)(\partial/\partial t)$ grâce à (4) et (5), on trouve

$$(9) \quad \frac{dp_x}{dt} = \int \varepsilon V \frac{\partial}{\partial x} (\Psi^* \Psi) d\tau - c\varepsilon \int \left[\left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) (\vec{\alpha} \cdot \vec{P} \Psi)^* + \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^* (\vec{\alpha} \cdot \vec{P} \Psi) \right] d\tau - m_0 c^2 \int \frac{\partial}{\partial x} (\Psi \alpha_4 \Psi^*) d\tau.$$

Le dernier terme, transformé en intégrale de surface, disparaît. Après intégration partielle du premier terme et des simplifications du deuxième, on obtient, avec les notations (11),

$$(10) \quad \frac{dp_x}{dt} = - \int \rho \frac{\partial V}{\partial x} d\tau + \int \rho \vec{v} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \frac{\vec{\mathcal{A}}}{c} d\tau,$$

$$(11) \quad \rho = \varepsilon \Psi^* \Psi, \quad \rho \vec{v} = -c\varepsilon \Psi^* \vec{\alpha} \Psi.$$

ρ est la densité et $\rho \vec{v}$ le vecteur courant du fluide de probabilité.

(¹) Voir par exemple L. DE BROGLIE, *L'électron magnétique*, p. 294.

C. Dérivons de même, par rapport à t , la matrice $\overline{\varepsilon \alpha_x}$ définie par

$$(12) \quad \overline{\varepsilon \alpha_x} = \int \Psi^* \varepsilon \alpha_x \Psi d\tau.$$

Un calcul analogue au précédent fournit, avec les notations (11),

$$(13) \quad \frac{d}{dt} \overline{\varepsilon \frac{\alpha_x}{c}} = \int \rho \left(\vec{v} \cdot \text{grad} + \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{\alpha_x}{c} d\tau;$$

(13) présente bien la forme d'une dérivée totale par rapport au temps.

D. Soient π_v et a_v respectivement les densités des quantités de mouvement totale et potentielle. On peut alors remplacer (10) et (13) par les relations relativistes (10') et (13') entre densités :

$$(10') \quad \frac{d}{dt} \pi_v = I^u \frac{\partial}{\partial x^v} \varphi_u, \quad (13') \quad \frac{d}{dt} a_v = I^u \frac{\partial}{\partial x^u} \varphi_v;$$

φ_u et I^u sont respectivement les quadrivecteurs potentiel et courant. Par soustraction on voit apparaître la relation bien connue en relativité

$$(14) \quad \frac{d}{dt} (\pi_v - a_v) = I^u \left(\frac{\partial}{\partial x^v} \varphi_u - \frac{\partial}{\partial x^u} \varphi_v \right) = I^u F_{uv} = K_v,$$

F_{uv} est le champ électromagnétique et K_v la densité de force.

En notation intégrale et vectorielle, on peut enfin écrire, grâce à (10), (13) et (14),

$$(15) \quad \frac{d}{dt} \left(\vec{p} - \varepsilon \frac{\vec{\alpha}}{c} \right) = \int \rho \left(\vec{h} + \frac{\vec{v}}{c} \wedge c \vec{H} \right) d\tau;$$

\vec{h} et \vec{H} sont les champs électrique et magnétique reliés aux potentiels par $\vec{h} = -\text{grad } V - (1/c) \cdot (\partial/\partial t) \vec{\alpha}$; $\vec{H} = \text{rot } \vec{\alpha}$.

Le premier membre de (15) représente la variation par unité de temps de la matrice quantité de mouvement *propre* \vec{P} de l'électron et le second membre est la matrice \vec{F} force moyenne. Le théorème d'Ehrenfest sous sa forme *relativiste* (2) est donc vérifié.

Cette relation (15) ne contient pas le spin. On doit en conclure que, en mécanique de Dirac, il ne convient pas d'attribuer au spin une énergie potentielle.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Étude théorique du mouvement séculaire de l'axe terrestre*. Note (1) de M. HENRI MINEUR, présentée par M. Jean Chazy.

Je me suis proposé de chercher le mouvement du pôle dans les hypothèses suivantes.

Le plan xOy étant le plan invariable du système solaire, on adopte pour

(1) Séance du 3 janvier 1945.

mouvement du pôle $P(\alpha, \beta, \gamma)$ de l'écliptique l'expression donnée par la théorie élémentaire des perturbations séculaires

$$(1) \quad \begin{cases} \alpha = \sum_{i=1}^{N-1} M_i \sin(\nu_i t + \mu_i), \\ \beta = \sum_{i=1}^{N-1} M_i \cos(\nu_i t + \mu_i), \end{cases}$$

N étant le nombre des planètes.

Le mouvement séculaire instantané du pôle $M(x, y, z)$ de la Terre est une rotation de grandeur

$$\omega = \omega_1 \cos \varepsilon,$$

où ω_1 est une constante et ε l'obliquité de l'écliptique.

J'emploie une méthode de variation des constantes qui consiste à chercher le mouvement du point $m(\xi, \eta, \zeta)$ déduit à chaque instant de M par une rotation de $-\theta$ autour de P , où

$$(2) \quad \theta = \int \omega dt.$$

On pose ainsi

$$(3) \quad \begin{cases} x = \xi[\alpha^2 + (1 - \alpha^2) \cos \theta] + \eta[\alpha\beta(1 - \cos \theta) + \gamma \sin \theta] + \zeta[\alpha\gamma(1 - \cos \theta) + \beta \sin \theta], \\ y = \xi[\alpha\beta(1 - \cos \theta) + \gamma \sin \theta] + \eta[\beta^2 + (1 - \beta^2) \cos \theta] + \zeta[\beta\gamma(1 - \cos \theta) - \alpha \sin \theta], \\ z = \xi[\alpha\gamma(1 - \cos \theta) - \beta \sin \theta] + \eta[\beta\gamma(1 - \cos \theta) + \alpha \sin \theta] + \zeta[\gamma^2 + (1 - \gamma^2) \cos \theta]. \end{cases}$$

m se déplace lentement et coïncide avec M à des intervalles de temps égaux à la période de la précession, de plus ε est aussi l'angle de Om et OP .

Le mouvement de m est défini par le système

$$(4) \quad \begin{cases} \frac{d\xi}{dt} = Q\zeta - R\eta, \\ \frac{d\eta}{dt} = R\xi - P\zeta, \\ \frac{d\zeta}{dt} = P\eta - Q\xi, \end{cases}$$

où

$$(5) \quad \begin{cases} P = -\sin \theta \frac{d\alpha}{dt} - (1 - \cos \theta) \gamma \frac{d\beta}{dt} + (1 - \cos \theta) \beta \frac{d\gamma}{dt}, \\ Q = (1 - \cos \theta) \gamma \frac{d\alpha}{dt} - \sin \theta \frac{d\beta}{dt} - (1 - \cos \theta) \alpha \frac{d\gamma}{dt}, \\ R = -(1 - \cos \theta) \beta \frac{d\alpha}{dt} + (1 - \cos \theta) \alpha \frac{d\beta}{dt} - \sin \theta \frac{d\gamma}{dt}. \end{cases}$$

J'ai étudié d'abord le cas de non-résonance, où aucune des fréquences ν_i n'est voisine de $\omega_1 \cos \varepsilon_0$, ε_0 étant l'obliquité initiale.

En négligeant les termes du second degré en M_1, M_2, \dots , on trouve alors

que le mouvement de m est une somme de petits mouvements de fréquences ν_i et $\nu_i - \omega_1 \cos \varepsilon_0$; seuls les petits mouvements de fréquences $\nu_i - \omega_1 \cos \varepsilon_0$ subsistent dans ε , et les amplitudes des termes correspondants sont

$$\frac{M_i \nu_i}{\nu_i - \omega_1 \cos \varepsilon_0}.$$

Elles sont donc de l'ordre des M_i et par conséquent faibles (quelques degrés).

J'étudie ensuite le cas où une des fréquences $\nu = \omega_1 \cos \varepsilon_0$ et je réduis P, Q aux termes de faible fréquence. L'analyse précédente ne s'applique plus à ce cas, mais le système (4) peut alors s'intégrer au moyen des fonctions elliptiques, si l'on prend comme inconnue

$$x = \cos \varepsilon_0 - \cos \varepsilon.$$

On trouve alors que l'intervalle de variation de x , développé en série suivant les puissances de \sqrt{M} , est

$$2\sqrt{\sin 2\varepsilon_0 [1 - \sin(\lambda_0 - \mu)]} \sqrt{M} + \dots,$$

où λ_0 est la longitude initiale de m .

M étant petit, cette amplitude peut être plus grande que celle qu'on observe dans le premier cas.

Si certaines circonstances ont été réalisées initialement, l'obliquité de l'écliptique a pu varier dans un intervalle notable (10° ou même quelques dizaines de degrés).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur la nouvelle théorie de la lumière.*

Note de M. LÉON BLOCH.

I. La nouvelle théorie de la lumière de M. L. de Broglie repose sur l'hypothèse que le photon est une particule complexe, résultant de la *fusion* de deux particules élémentaires ou demi-photons, dont l'un satisfait à l'équation de Dirac

$$(1) \quad \frac{1}{c} \frac{\partial \psi_k}{\partial t} = \left(\alpha_1 \frac{\partial}{\partial x} + \alpha_2 \frac{\partial}{\partial y} + \alpha_3 \frac{\partial}{\partial z} + k \mu_0 c \alpha_4 \right) \psi_k,$$

tandis que l'autre satisfait à l'équation complémentaire

$$(2) \quad \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi_k}{\partial t} = \left(\alpha_1 \frac{\partial}{\partial x} - \alpha_2 \frac{\partial}{\partial y} + \alpha_3 \frac{\partial}{\partial z} - k \mu_0 c \alpha_4 \right) \varphi_k.$$

L'équation complémentaire diffère de l'équation de Dirac par le changement de sens de l'axe des y et le changement de signe de la masse μ_0 .

II. L'existence de masses négatives ne paraissant suggérée par aucune considération physique, il y a lieu de rechercher si le lien existant entre les

équations (1) et (2) ne peut pas se traduire autrement, en respectant le signe positif de μ_0 . On voit aisément qu'il en est ainsi en mettant (1) et (2) sous la forme

$$(3) \quad \left(\frac{\alpha_4}{ic} \frac{\partial}{\partial t} + i\alpha_1 \alpha_2 \frac{\partial}{\partial x} + i\alpha_2 \alpha_1 \frac{\partial}{\partial y} + i\alpha_3 \alpha_4 \frac{\partial}{\partial z} + ik\mu_0 c \right) \psi_k = 0,$$

$$(4) \quad \left(-\frac{\alpha_4}{ic} \frac{\partial}{\partial t} - i\alpha_1 \alpha_2 \frac{\partial}{\partial x} + i\alpha_2 \alpha_1 \frac{\partial}{\partial y} - i\alpha_3 \alpha_4 \frac{\partial}{\partial z} + ik\mu_0 c \right) \varphi_k = 0.$$

L'équation (4) se déduit de (3) par un simple changement d'axes dans l'espace-temps (x, y, z, t) en posant

$$(5) \quad x' = -x, \quad y' = y, \quad z' = -z, \quad t' = -t.$$

L'équation complémentaire (2) n'est donc autre que l'équation de Dirac elle-même, écrite dans le système d'axes *inverses* défini par (5).

III. Si l'on veut que le corpuscule φ_k représente, dans l'espace-temps (x', y', z', t') , la même entité que le corpuscule ψ_k dans l'espace-temps (x, y, z, t) , il faut poser

$$(6) \quad \varphi_k = i\alpha_2 \alpha_4 \psi_k.$$

La matrice $i\alpha_2 \alpha_4$ n'est que l'une des 16 matrices indépendantes que l'on peut former par multiplication des matrices de Dirac et qui constituent le tableau

$$(7) \quad \begin{pmatrix} \alpha_4 & & & \\ & \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ i\alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 & i\alpha_3 \alpha_1 \alpha_4 & i\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 & 1 \\ i\alpha_1 \alpha_4 & i\alpha_2 \alpha_4 & i\alpha_3 \alpha_4 & \\ i\alpha_2 \alpha_3 & i\alpha_3 \alpha_1 & i\alpha_1 \alpha_2 & i\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \\ & \alpha_1 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_4 = \alpha_4 & & \end{pmatrix}$$

A chacune des matrices de ce tableau correspond une transformation du type (6) et une équation complémentaire qui lui est associée. Cette équation est définie par une transformation du type (5) dans l'espace-temps galiléen. Nous donnons ici les transformations qui correspondent à chacune des matrices du tableau (7), en n'écrivant que les coordonnées qui changent de signe par l'effet de la transformation :

$$(8) \quad \begin{pmatrix} x' y' z' t' \\ x' t' & y' t' & z' t' & \\ x' & y' & z' & \\ y' z' t' & z' x' t' & x' y' t' & \\ y' z' & z' x' & x' y' & x' y' z' t' \end{pmatrix}$$

IV. Dans le tableau (8), la transformation identique est notée. — L'équa-

tion complémentaire est dans ce cas l'équation de Dirac elle-même. Les deux fonctions ψ_k et φ_k sont identiques; ce sont par exemple des ondes planes monochromatiques de même énergie et de même amplitude.

On vérifie aisément que, dans ce cas, les fonctions photoniques Φ_{ik} de M. L. de Broglie forment un tableau qui présente des éléments de symétrie et d'antisymétrie. En se référant aux relations établies entre les Φ_{ik} et les grandeurs électromagnétiques, on constate alors que toutes les grandeurs électromagnétiques *non-maxwelliennes* sont nulles. On peut donc dire que l'Électromagnétisme maxwellien (avec termes correctifs en μ_0^2) résulte de la nouvelle théorie du photon lorsque l'on suppose celui-ci formé de deux demi-photons identiques.

Il est également possible d'associer deux demi-photons convenablement choisis de façon à obtenir un Électromagnétisme purement non-maxwellien.

MÉTALLOGRAPHIE. — Sur l'oxydation de l'aluminium.

Note de M. NICOLAS CABRERA, présentée par M. Albert Pérard.

1. On sait qu'il se forme sur l'aluminium une couche d'oxyde (Al_2O_3) dont l'épaisseur croît d'abord très rapidement, ensuite lentement, pour arriver après trois mois à $\simeq 7 \mu$ avec une vitesse de croissance de $0 \mu, 2$ à $0 \mu, 3$ par mois. Mott ⁽¹⁾ a donné une théorie en admettant que l'oxydation est commandée par le passage des électrons libres du métal à la bande de conductibilité de l'oxyde (différence d'énergie Φ), suivi de leur diffusion jusqu'à la surface oxyde-air. L'accroissement rapide du début est dû à ce que, pour des épaisseurs faibles, les électrons peuvent traverser cette barrière de potentiel directement par *effet tunnel* quantique. Dans le tableau ci-dessous (I) nous donnons, en fonction de Φ , les épaisseurs x calculées, pour lesquelles $dx/dt = 0,25 \mu/\text{mois} \simeq 10^{-7} \mu/\text{sec}$.

*Épaisseurs calculées (en μ) pour lesquelles $dx/dt = 10^{-7} \mu/\text{sec}$
(observées $\simeq 7 \mu$).*

Φ eV.	I. Effet tunnel.	II. Effet thermique.			III. Effet photoél. (10^{-4} rayonn. sol.).
		T = 300° K.	T = 400° K.	T = 500° K.	
1.....	4,0	5	$5 \cdot 10^4$	10^7	$5 \cdot 10^2$
1,5.....	3,4	10^{-10}	10^{-2}	10^2	10^2
2.....	3,0	$5 \cdot 10^{-17}$	10^{-8}	10^{-3}	$5 \cdot 10$
2,5.....	2,7	10^{-26}	10^{-14}	10^{-8}	10

On voit que l'effet tunnel n'est pas suffisant pour rendre compte des épaisseurs limites observées.

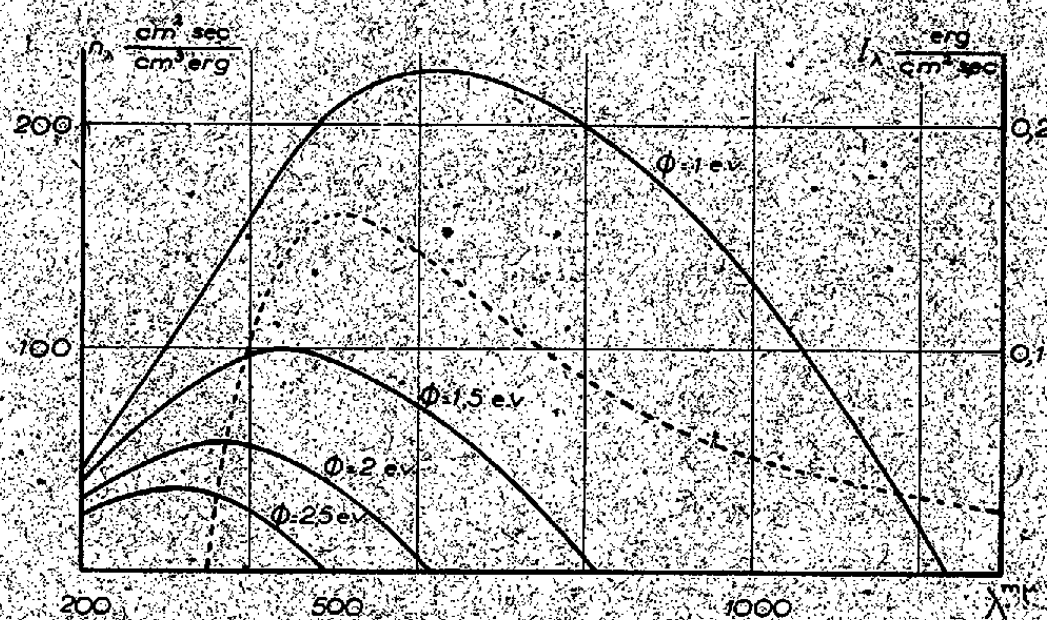
(¹) *Trans. Farad. Soc.*, 36, 1940, p. 472.

2. A la température ambiante et au-dessus, et pour des valeurs faibles de Φ , l'énergie thermique est suffisante pour faire passer les électrons du métal à la bande de conductibilité de l'oxyde. La théorie de ce mécanisme conduit à une loi de la forme

$$(1) \quad \frac{dx}{dt} = \frac{n\Omega D}{x}, \quad n = \frac{2(2\pi mkT)^2}{h^3} e^{-\frac{\Phi}{kT}},$$

où n est le nombre d'électrons par cm^3 dans la bande de conductibilité de l'oxyde, en équilibre avec le métal à la température T , Ω le volume d'oxyde par électron libre ($\approx 10^{-22} \text{ cm}^3$), et D la constante de diffusion des électrons ($\approx 0,25 \text{ cm}^2/\text{sec}$). D'après le tableau (II), et pour obtenir à $T \sim 300^\circ \text{ K}$. des épaisseurs de $\sim 7 \text{ m}\mu$, il suffit d'admettre que $\Phi \sim 1 \text{ eV}$; c'est ce qu'a supposé Mott. Or, d'après ce même tableau, et avec $\Phi \sim 1 \text{ eV}$, il suffirait de monter au-dessus de la température ambiante pour avoir des épaisseurs énormes (50^μ à 400° K ., 1^μ à 500° K .), qui ne correspondent pas à la réalité. En effet nous avons étudié, dans des expériences préliminaires, la formation de la couche d'oxyde à ces températures. Après 9 jours, les épaisseurs obtenues ont été de ~ 4 , ~ 12 et $\sim 20 \text{ m}\mu$ aux températures de 300° , 400° et 500° K . Nous devons en conclure que la température joue un rôle secondaire dans le mécanisme de l'oxydation, ce qui conduit à supposer $\Phi \lesssim 2 \text{ eV}$.

3. Il y a un autre mécanisme possible, pour faire passer les électrons à travers le saut de potentiel Φ , c'est l'effet photoélectrique des radiations de fréquence supérieur à Φ/h . Nous allons voir que l'effet photoélectrique théorique de la radiation ambiante est suffisant pour obtenir l'ordre de grandeur des couches observées. La formule (1) est toujours valable, n (plutôt n_1) étant maintenant le nombre d'électrons par cm^3 en équilibre avec le métal illuminé par un rayonnement permanent de longueur d'onde λ . La théorie de l'effet



photoélectrique permet de calculer au moins l'ordre de grandeur du nombre P d'électrons émis par unité d'énergie incidente; n_1 est donné par la formule $n_1 = 4P/\bar{c}$, \bar{c} étant la vitesse moyenne d'émission des électrons, que nous avons

pris $\simeq 0,8\sqrt{2(h\nu - \Phi)/h}$. La figure donne n_λ en électrons par cm^3 , et erg d'énergie incidente par cm^2 et sec, en fonction de λ et pour diverses valeurs de Φ .

Nous avons admis dans le calcul, pour la largeur de la bande de conductibilité de l'aluminium, la valeur 16 eV, tirée des expériences sur l'émission de rayons X. Sur la même figure nous avons reporté la distribution spectrale du rayonnement moyen existant dans un laboratoire, en $\text{erg/cm}^2 \text{sec}$, admettant, pour sa valeur absolue 10^{-4} , celle du rayonnement solaire au-dessus de l'atmosphère. Par une intégration graphique, on obtient alors les $n = \int I_\lambda n_\lambda d\lambda$ correspondant à chaque valeur de Φ , d'où les épaisseurs pour lesquelles $dx/dt \sim 10^{-7}$ $\text{m}\mu/\text{sec}$, qui sont écrites dans le tableau (III). On obtient ainsi, pour $\Phi \sim 2,5$ eV, l'ordre de grandeur des épaisseurs observées. Nous sommes d'ailleurs en présence d'une nouvelle méthode d'oxydation, que nous appellerons *photoélectrique* et qui permettrait d'obtenir facilement des couches assez épaisses. D'après la figure et admettant $\Phi = 2,5$, le rayonnement le plus efficace serait le proche ultraviolet. Avec $\lambda \sim 300 \text{ m}\mu$ et une énergie de 10^4 $\text{erg/cm}^2 \text{sec}$ (lampe à Hg ordinaire à 30 cm) on obtiendrait, au bout de 10 jours, une couche d'oxyde de $50 \text{ m}\mu$, qui correspond à $30 \text{ m}\mu$ de Al, c'est-à-dire une couche presque opaque.

PHOTOGRAPHIE. — *Emploi du papier ozalid pour les enregistrements photographiques.* Note de M. A.-A. GUNTZ, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le papier sensible, dit *ozalid*, aux colorants diazoïques, remplace actuellement le papier bien connu des *bleus d'architecte* au ferricyanure.

Sa commodité d'emploi, son prix de revient minime m'ont incité, dans la pénurie actuelle, à essayer de l'utiliser pour l'enregistrement des déplacements du spot d'un galvanomètre.

Sa sensibilité, un peu supérieure à celle du papier au citrate d'argent, est nettement inférieure à celle du papier au gélatino-bromure; d'où la nécessité, et la difficulté d'avoir un spot suffisamment brillant. Je l'ai obtenu en conjuguant les effets d'une source très actinique de grande brillance et d'un dispositif optique équivalant un système de grande ouverture focale qui ne charge pas le galvanomètre.

A. *Source lumineuse.* — Arc à vapeur de mercure à haute pression (Type Philora H. P. 300 à ampoule claire); sa brillance dépasse 1000 bougies/ cm^2 ; elle est inférieure à celle de l'arc au charbon, mais la lampe au mercure n'a pas les inconvénients, encombrement, consommation, réglage de la lampe au charbon. L'arc s'amorce automatiquement sous 220 volts et fonctionne sur le secteur alternatif 110 volts avec un petit transformateur survolteur (consommation 80 watts). Il a environ 20 mm de longueur, sur 2 mm de largeur, il éclaire une fente verticale de largeur 1 mm , placée à proximité immédiate.

B. *Dispositif optique*. — Le miroir du galvanomètre, de forme rectangulaire, hauteur 22^{mm} , largeur 44^{mm} , est découpé dans un verre de lunette plan cylindrique pour astigmat. Sa face concave, cylindrique à axe vertical, a été recouverte d'aluminium par vaporisation dans le vide. Rayon de courbure 1^{m} environ. Il donne de la fente, placée près du centre de courbure, une image réelle, verticale. Une lentille cylindrique d'axe horizontal intercepte les rayons convergeant vers le papier sensible. Cette lentille à court foyer provient d'un élément de phare de Fresnel : plan cylindrique, 12^{cm} de longueur, 35^{mm} de largeur, distance focale 35^{mm} environ. C'est à peu près la distance du papier de cette lentille pour l'image nette de la fente. Cette image, de hauteur très réduite, est notre spot, 1^{mm} de large sur $1/3^{\text{mm}}$ de hauteur. Sa brillance est considérable grâce à l'ouverture de la lentille très convergente fixée à demeure devant le cylindre enregistreur. Le cylindre enregistreur est un modèle J. Richard, diamètre 9^{cm} , hauteur 12^{cm} ; il fait un tour en 26 minutes, la vitesse du papier est de $1,1^{\text{mm}}$ environ par minute.

La finesse du trait obtenu et l'intensité de l'impression sont renforcées par ce fait que, lors des déplacements du miroir, le spot, rectangle très allongé, se meut dans le sens de sa plus grande dimension.

Les cotes données ici sont seulement à titre d'exemple; elles correspondent au matériel dont je disposais. On pourrait obtenir une puissance supérieure par une combinaison associant une plus grande ouverture à un bon stigmatisme.

L'essentiel est dans l'utilisation du principe des lentilles cylindriques croisées qui permet d'obtenir une brillance suffisante pour impressionner le papier sensible. Alors l'emploi de ce papier, dans les limites de ses possibilités, s'imposera.

Résumons les avantages. — Le papier sensible peut être manipulé sans précautions, à la lumière artificielle ou au jour diffus.

Il n'est pas nécessaire d'enfermer, dans un boîtier étanche, cylindre enregistreur et galvanomètre.

Le galvanomètre, rendu indépendant de la table du travail et du cylindre, est placé dans les meilleures conditions de stabilité.

On peut suivre le spot et, pendant que le tracé s'opère, porter sur le papier des annotations et marques. Un quadrillage de référence, dessiné à l'échelle désirée sur du papier calque bien transparent, peut être préalablement imprimé par une exposition de quelques secondes à la lumière solaire directe.

Le papier sensible est développé à sec au gaz ammoniac; il n'est pas déformé, les pointes sont ainsi assurées avec le maximum de sécurité.

L'enregistrement photographique a l'avantage reconnu de permettre une interprétation plus fine de faibles variations et la mise en évidence de petits écarts brusques. Je l'utilise au laboratoire depuis 1940 en analyse potentiométrique, m'offrant ainsi le luxe utile du document qui conserve la trace de l'opération sans ralentir le travail.

Le développement est extrêmement rapide, le prix du papier est minime, insignifiant.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosages volumétriques par la méthode électro-différentielle*. Note de M^{me} RAYMONDE DUVAL et M. CLÉMENT DUVAL, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons donné ⁽¹⁾ le principe d'une nouvelle méthode d'électrotitrage utilisant un montage différentiel simple. Plusieurs centaines de dosages variés ayant été effectués à l'aide du dispositif, nous commençons la publication des résultats.

Notons d'abord que la prise d'essai contient de 0^{mg},1 à 2^{mg} de substance à doser par centimètre cube, pour un volume maximum de 5^{cm}³; avec les microburettes existant actuellement en France et graduées en 1/20 de centimètre cube, nous pensons qu'il est convenable de ne pas descendre au dessous de 2^{cm}³. La précision de la méthode dépend beaucoup plus de la qualité de la pipette et de la microburette que de la sensibilité de l'oreille à percevoir le minimum de son. Des dosages peuvent parfois être exécutés d'une façon précise avec des vases munis d'électrodes non platinées. En raison de la forme étroite des vases de conductibilité et de la nécessité de les agiter après chaque addition de réactif, il est difficile d'utiliser des microburettes avec pointe rapportée et protège-pointe. Il vaut mieux se servir d'un seul appareil gradué plutôt que d'en utiliser un pour chaque vase. Une lampe triode oscillatrice, munie d'un amplificateur adapté suivant un schéma classique, peut remplacer avec avantage la bobine de Ruhmkorff. Le trèfle cathodique s'emploie également à la place de l'écouteur; la sensibilité n'augmente pas, mais l'opérateur peut réaliser le dosage dans un lieu bruyant. Lorsqu'un même dosage, par exemple une acidimétrie, peut s'effectuer par notre méthode ou par l'emploi d'un indicateur, la précision est toujours meilleure dans le cas de la méthode audible.

La méthode convient aussi bien pour les dosages par neutralisation que pour ceux de précipitation ou d'oxydoréduction. Ce sont naturellement les corps les plus insolubles qui permettent de faire les meilleurs dosages et les résultats sont généralement mauvais lorsque le précipité se trouve placé dans une quantité de liquide presque suffisante pour le dissoudre. La méthode semble en défaut lorsque le platine des électrodes catalyse la destruction des substances à doser. Dans quelques mesures les courbes tracées ne sont pas sécantes, mais tangentes ou bien viennent presque au contact l'une de l'autre. On peut arriver à les faire se couper en modifiant le pH de la solution (cas du dosage de Zn⁺⁺ par l'ion ferrocyanure). Certains modes de dosage qui étaient jusqu'ici l'apanage de la gravimétrie sont susceptibles d'emploi en microvolumétrie (cas de la précipitation du magnésium sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien). Diverses impuretés, qui généraient fortement la coloration finale dans le cas

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1237.

d'une macrovolumétrie, n'entrent pas en ligne de compte ici, ce qui rend plus générales les conditions du dosage. Ainsi, dans l'exemple précédent du zinc, on sait que des traces de fer ou de cuivre masquent la teinte donnée par un sel d'uranium; cet inconvénient n'existe pas dans notre méthode, qui n'utilise pas d'indicateur. La durée d'un dosage varie de 10 à 20 minutes, si l'on connaît préalablement l'ordre de grandeur du poids à déterminer; le réactif est choisi de façon à posséder une concentration moléculaire à peu près cinq fois plus élevée que celle du corps antagoniste.

Dosage du zinc. — La liqueur titrée est une solution aqueuse de ferrocyanure de potassium à 18^e environ de sel $[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{K}^+$, $3\text{H}^2\text{O}$ par litre, renfermant en outre 0^e,1 de carbonate de sodium. Le pH de la liqueur de zinc doit être compris entre 3 et 6 (entre 5 et 6 si l'on ne met pas de carbonate). Au-dessous de pH 3, les deux courbes ne se coupent pas. En vue d'ajuster ce pH (par addition d'ammoniaque), on constate que le chlorure ou l'azotate d'ammonium ne gênent pas le dosage. Le précipité formé a toujours la constitution $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{2-}\text{Zn}^{2+}\text{K}^+$. Pour des teneurs de l'ordre de 1/2 à 1^{me} de zinc par centimètre cube, les résultats accusent une erreur relative de $\pm 3,5\%$. Le dosage du métal à l'aide d'une solution titrée d'acide anthranilique n'a pas donné de bons résultats.

Dosage du calcium. — Le réactif utilisé est une solution aqueuse d'oxalate de sodium à 6^e,70 par litre; le pH du sel de calcium est amené vers 4,4 (tampon acide acétique-acétate alcalin). La précision atteint 1,2 à 1,8% pour des teneurs comprises entre 0,1 et 1^{me} de calcium par centimètre cube (volume de solution 2 à 5^{cm}³).

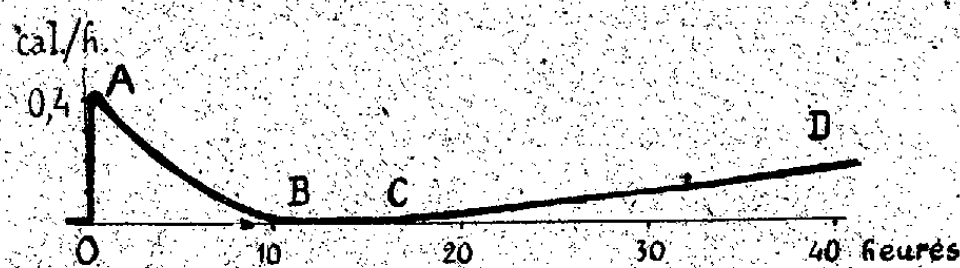
Dosage du magnésium. — On prend une liqueur titrée de phosphate disodique renfermant environ 7/4^e de sel $\text{PO}_4\text{Na}^2\text{H}$, $12\text{H}^2\text{O}$ par litre. A 2 ou 3^{cm}³ de liqueur essayée on ajoute préalablement 1^{cm}³ d'ammoniaque commerciale diluée au dixième. L'erreur est du même ordre que dans le cas du calcium. Les résultats deviennent mauvais en augmentant la concentration de l'ammoniaque ou en supprimant ce corps (c'est-à-dire en considérant la précipitation du phosphate trimagnésien au lieu du phosphate ammoniaco-magnésien.)

Dosage du fer. — La solution aqueuse de permanganate de potassium renferme 1^e,58 de sel par litre. Le sel ferreux utilisé (sel de Mohr) est additionné de 1^{cm}³ d'acide sulfurique N/40; les minima du son sont très nets et conduisent souvent à des nombres théoriques, quoique les deux courbes ne se coupent pas, mais viennent presque au contact. Nous avons dosé, par cette méthode volumétrique bien connue, 58^e de fer par centimètre cube avec une erreur maximum de 10% en excès. (Théorie: 0^{cm}³,50 de réactif; observation, de 0,50 à 0^{cm}³,55 sur cinq essais.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le dégagement de chaleur manifesté au cours des premiers stades de l'hydratation des graines.* Note de MM. **HENRI PRAT** et **EDOUARD CALVET**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans le cadre de notre étude de l'organogenèse végétale ⁽¹⁾, nous avons cherché à analyser, par l'examen de leurs manifestations thermiques, les premiers stades du réveil de l'activité végétative dans les graines. Pour cela nous avons utilisé le micro-calorimètre à compensation de A. Tian ⁽²⁾. Sa haute sensibilité permet de mesurer des débits thermiques inférieurs au 1/100 de petite calorie par heure ⁽³⁾; de plus il opère à température constante. Ce sont là deux conditions précieuses pour l'analyse des phénomènes biologiques; cependant, jusqu'ici, cet appareil n'avait jamais été appliqué à des recherches de biologie végétale.

Dans nos expériences la température était maintenue à 17°. Sur le Blé, nous avons obtenu les résultats suivants: Dès leur mise en contact avec l'eau les grains dégagent une quantité notable de chaleur. En 7 à 8 minutes le débit atteint un maximum qui, dans ces expériences, était de l'ordre de 0,4 cal./h.



pour 1^g de grains mis au contact de 1^g d'eau distillée (A). Puis ce débit décroît. Il s'annule (B) au bout de 10 à 12 heures; ensuite, après un temps mort (BC), il reprend, pour s'élever dès lors constamment (CD). Au bout de deux jours il est de l'ordre de 0,2 cal./h.

Nous pouvons interpréter ces faits de la façon suivante: le dégagement de chaleur manifesté dans la première phase (OAB) est dû à l'hydratation progressive des diverses parties du grain; somme algébrique de réactions exothermiques et endothermiques: adsorptions, imbibitions, dissolutions etc. Nous proposons de l'appeler *thermogenèse physicochimique*. La quantité totale de chaleur qu'elle fournit était, dans ces expériences, d'environ 2 calories pour 1^g de grains. Après le temps mort BC, le nouveau tronçon ascendant de la courbe (CD) marque l'entrée en jeu des phénomènes physiologiques de la germination, d'abord principalement cataboliques: respiration, digestion etc. Nous appellerons cette seconde phase *thermogenèse biologique*. Dans certaines

⁽¹⁾ H. PRAT, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 253; 217, 1944, p. 518.

⁽²⁾ *Ibid.*, 178, 1924, p. 705.

⁽³⁾ M^{me} BÉRANGER-CALVET, *J. Chim. phys.*, 24, 1927, p. 325; E. CALVET, *ibid.*, 30, 1933, p. 1.

conditions le temps BC peut être réduit à zéro et même le débit thermique marquer simplement un minimum en B, sans s'annuler; les deux phases empiétant alors l'une sur l'autre.

Sur des grains broyés le débit calorifique de la première phase est plus intense et plus bref que sur les grains intacts. Pour le Blé il atteint, à son point culminant, 10 cal./h., soit 26 fois plus, et sa durée est d'une heure à peine. Mais la quantité totale de chaleur fournie par cette phase reste la même. Naturellement, dans ce cas la deuxième phase (thermogenèse biologique) est supprimée. Elle peut être remplacée par une thermogenèse de fermentation mettant en jeu des phénomènes de tout autre ordre qui seront étudiés séparément.

La comparaison de graines d'espèces diverses, dans des conditions identiques de conservation et d'expérience, nous a permis de relever des différences fondamentales dans l'allure de leurs courbes de thermogenèse et de constater que ces courbes peuvent fournir d'excellents *caractères spécifiques* et des indications précieuses sur la biologie de chaque espèce.

Par ailleurs, en faisant varier les conditions initiales et l'action de divers facteurs physiques et chimiques, on peut obtenir des modifications déterminées dans la courbe de thermogenèse. Ces modifications sont d'un très-haut intérêt, à la fois théorique et pratique, car elles révèlent de façon immédiate les réactions de l'organisme étudié et permettent de les susciter et de les orienter.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essais de printanisation de diverses espèces de végétaux cultivés*. Note de M. **ROGER DAVID**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Après nos essais de printanisation des céréales (¹), nous résumons dans cette Note ceux obtenus avec diverses espèces de plantes potagères et industrielles. Nos essais ont été effectués, comme pour les céréales, dans les régions parisienne et provençale. La croissance de la *Vesce* printanisée (eau 185 %; 3 jours à 14-15°C., puis à 2°C. pendant 46, 76, 111 jours) est sensiblement la même que celle des témoins pendant les 40 premiers jours de la végétation; puis elle devient plus rapide (les rameaux latéraux s'accroissent aussi plus vite); enfin elle s'arrête avant celle des témoins; la floraison est nettement avancée (8 à 15 jours) et d'autant plus que la durée du traitement est avancée (8 à 15 jours) et d'autant plus que la durée du traitement est plus grande; il en est de même de la fructification. Le rendement est un peu augmenté: les graines sont plus grosses chez les sujets printanisés. La *Moutarde blanche* traitée par le froid (eau 70 %; 3 jours à 15°C., puis à 2°C. pendant 30, 40, 75 jours) donne des plantes qui s'accroissent à peu près comme les témoins pendant un mois et demi (jusqu'au

(¹) *Comptes rendus*, 249, 1944, p. 628.

moment de l'apparition des boutons floraux, c'est-à-dire 5 à 12 jours avant les témoins), puis, plus vite que les témoins (pendant la floraison qui a lieu chez les plantes printanisées 5 à 12 jours avant les témoins suivant la durée du traitement); enfin la croissance de la plante est plus rapidement arrêtée chez les sujets traités que chez les témoins. La fructification est aussi plus précoce (5 à 12 jours); le rendement est à peine modifié. Le traitement par la chaleur (chaleur + lumière ou chaleur + obscurité; eau 70 %; un jour à 16°C. puis à 25°C. pendant 12 jours à l'obscurité ou à la lumière : 150 bougies à 30^{cm}) donne des plantes de taille inférieure à celle des témoins, mais l'époque de la floraison et de la fructification reste à peu près invariable.

Les semences de *Laitue d'hiver Nansen* traitées par le froid (eau 125 %; 4 jours à 15°C., puis à 2°C. pendant 46, 76, 110 jours), semées le 1^{er} avril, donnent des plantes feuillées qui, pendant les 55 premiers jours de végétation, ne présentent pas de différence avec les témoins; mais, deux mois environ après le semis, les sujets traités commencent à monter, puis, douze jours environ plus tard, les boutons floraux apparaissent (alors que les témoins sont toujours acaules), et d'autant plus rapidement que le traitement a été prolongé davantage. La fructification a été plus précoce (de 2 à 3 semaines); le rendement est légèrement augmenté.

Le *Radis* printanisé (eau 70 %; 9 jours à 12°C., puis à 3°C. pendant 43, 49, 75 jours) présente un accroissement un peu plus rapide des feuilles pendant le premier mois de végétation. Sa tubérisation est plus précoce (une huitaine de jours); il en est de même de la montée à graine (une dizaine de jours), de la formation des boutons floraux et de la floraison (une vingtaine de jours). Le rendement est diminué. La printanisation du *Navet blanc dur d'hiver* (eau 70 %; 3 jours à 11°C., puis 45, 76, 111 jours à 2°C.) accélère la montée et la floraison. Deux mois et demi après le semis, les sujets traités sont en fleurs alors que le témoin est toujours acaule. La *Pomme de terre* traitée par la méthode classique (tubercules exposés à la lumière pendant un mois à une température de 15°C.) ne donne qu'un accroissement très faible des rendements (9 %). Un traitement par le froid (2° à 4°C. pendant deux mois) augmente également les rendements (20 %). Mais la combinaison du froid (2 mois à — 2° à + 4°C.) et de la lumière (après le traitement par le froid; durée un mois), donne des résultats encore meilleurs (61 %).

Les graines de *Tomates* traitées par le froid (50 jours à 2°C.) donnent des plantes qui présentent une avance à la floraison (10 jours env.), à la fructification et une augmentation sensible du rendement. La chaleur (15 jours à 25°C., à l'obscurité ou à la lumière) n'a pas d'influence appréciable (obscurité) ou est plutôt défavorable : retard à la floraison (lumière).

Le *Soja Hatta noir* traité par le froid (75 % d'eau; 24 heures à 15°C. puis à 2°C. pendant 43 jours) ne présente pas de modification nette et durable de sa croissance, tandis que la variété *Tokio rouge* et une autre variété jaune précoce,

après traitement (75 % d'eau; un jour à 15°C., puis 25 jours à 2°C.) donnent des plantes de taille réduite. Pour les trois variétés on constate une légère avance à la maturation. Enfin le traitement produit une augmentation du rendement du *Hatta noir*, aucune modification pour la variété jaune et une sensible diminution pour le *Tokio rouge*. Si les graines sont traitées à l'obscurité par la chaleur (25°C. pendant 25 jours), les Soja donnent des plantes de taille réduite, mais présentent une avance à la floraison et à la maturation. En combinant la chaleur et la lumière (25°C., 150 bougies à 30^{cm} pendant 12 et 22 jours), on obtient avec *Hatta noir* une très légère avance à la croissance, à la floraison et à la maturation, mais une sensible diminution du rendement.

Le traitement du *Ricin* par la chaleur (50 % d'eau; 3 heures à 15°C., puis à 25-27°C. pendant 10 jours) ne provoque pas de modification appréciable de sa croissance ni de sa reproduction. Traitées par le froid, les espèces bis-annuelles: *Poireau* (eau 90 %; 3 à 6 jours à 10-12°C., puis à 2°C. pendant 40, 60, 72, 110 jours), *Betterave* (eau 100 %; 5 jours à 15°C. et 50 jours), *Colza d'hiver* (eau 70 %; 5 jours à 11°C., puis à 2°C. pendant 41, puis à 2°C. pendant 40, 74, 111 jours) ne sont pas arrivées à monter ni à fleurir la première année.

En résumé, chez les plantes qui, par un semis au printemps, trouvent dans la nature les conditions thermiques requises pour l'accomplissement de leur thermostade, nous avons provoqué une avance très nette à l'époque de la floraison et de la fructification (Moutarde, Vesce, Radis, Laitue, Navet). Chez les espèces dont la tige s'allonge progressivement pendant toute la durée du développement, une avance à la floraison entraîne un arrêt prématuré de la croissance de cet organe, donc une taille plus réduite des plantes (Moutarde, Vesce). Lorsque la floraison est précédée par une montée à graine (Laitue, Radis), il semble qu'il y ait une réduction moindre de la taille. Enfin le rendement paraît sensiblement augmenté dans le cas de la Vesce; il est resté peu différent de celui des témoins pour la Moutarde et la Laitue et s'est trouvé un peu diminué pour le Radis. La Tomate et le Soja n'ont pas accusé de différences aussi nettes. Quant aux Poireau, Betterave, Colza et Ricin, ils sont restés indifférents au traitement.

• GÉNÉTIQUE. — *Descendance d'espèces tétraploïdes et d'hybrides interspécifiques amphidiploïdes du genre Nicotiana*. Note de MM. HENRI HITIER et ALEXANDRE FARDY, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons signalé ⁽¹⁾ l'obtention, par l'action de la colchicine, de 16 espèces tétraploïdes du genre *Nicotiana* *Tabacum* L. (*n* 24), *rustica* L. (*n* 24), *acuminata* Grah. (*n* 12), *Bigelovii* Wats. (*n* 24), *glauca* Grah. (*n* 12), *glutinosa* L. (*n* 12), *longiflora* Cav. (*n* 10), *plumbaginifolia* Viv. (*n* 10), *paniculata* L.

(¹) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 704; 218, 1944, p. 124.

(n 12) *nudicaulis* Wats. (n 24), *quadrivalvis* Pursh. (n 24), *repanda* Lehm. (n 24), *sylvestris* Speg. et Comes (n 12), *trigonophylla* Dum. (n 12), *suaveolens* Lehm. (n 16) et *Sanderæ* Hort. (n 9) et 7 hybrides interspécifiques amphidiploïdes (*Tabacum* \times *sylvestris*, *rustica* \times *paniculata*, *suaveolens* \times *glutinosa*, *glutinosa* \times *sylvestris*, *Tabacum* \times *glutinosa*, *suaveolens* \times *quadrivalvis* et *quadrivalvis* \times *Tabacum*). Nos observations sur la descendance nous permettent de faire ressortir les particularités suivantes :

1° *Espèces tétraploïdes*. — En F_1 le nombre somatique $4n$ présente une certaine fluctuation $4n \pm 1$ ou plus rarement $4n \pm 2$ chromosomes; chez les espèces à nombre chromosomique faible [par exemple *N. sylvestris* (n 12) et *N. glutinosa* (n 12)] il y a moins de pieds à formule chromosomique irrégulière que chez les espèces à nombre chromosomique élevé [exemple *N. Tabacum* (n 24), *N. rustica* (n 24)]. Au point de vue morphologique, nous n'avons pas trouvé de différences bien marquées entre les pieds d'une même population tétraploïde, mais la fertilité présente des variations très nettes, dues aux différences de comportement méiotique; ces irrégularités sont de même nature que celles que nous avons observées chez les ascendants : 2 à 7 polyvalents en M_1 , monovalents asynaptiques en dehors du plan, retardataires en A_1 et A_{II} , répartitions inégales en M_{II} etc..

Le milieu génotypique tétraploïde manifeste une sensibilité beaucoup plus grande vis-à-vis des agents perturbateurs (notamment les variations météorologiques brusques), qui accentuent les anomalies en agissant sur le mouvement des chromosomes au cours des anaphases (chrom. retardataires) et sur les phénomènes intimes de synapse (plus ou moins de monovalents asynaptiques). Aussi, pour un même pied, la fertilité varie suivant les époques. Certaines espèces (exemple *N. Tabacum*, *rustica*, *glutinosa*) présentent, du point de vue de la fertilité, des périodes creuses pendant lesquelles elles forment un fort pourcentage de grains de pollen vides. La fertilité, évaluée en nombre de graines par capsule, est très diminuée chez les espèces tétraploïdes par rapport à celle des pieds témoins; elle n'est en moyenne, suivant les espèces, que de 10 à 20 % de celle des diploïdes. En outre l'espèce tétraploïde forme moins de fleurs et par conséquent moins de capsules par pied. En culture normale et en plein champ, les espèces tétraploïdes et les espèces diploïdes présentent entre elles des différences très significatives. Les premières ont une croissance beaucoup plus lente; leur appareil végétatif et leur inflorescence sont moins ramifiés, les tissus foliaires plus rugueux, les pigmentations foliaire et florale plus vives; leur développement est moindre, et cela est dû sans doute en grande partie au caractère différent de leur système racinaire; celui-ci comporte en effet des racines et racidelles plus grosses, mais beaucoup moins nombreuses, moins ramifiées et plus courtes que celles des pieds diploïdes témoins; les plantes tirent ainsi un profit moindre des matières minérales et de l'eau qui se trouvent dans des couches plus profondes du sol. En particulier les espèces tétraploïdes

N. Tabacum ($4n$) et *N. rustica* ($4n$) ont présenté un faible développement végétatif, des feuilles plus petites et mal formées, ce qui diminue leur intérêt pratique et industriel.

2° *Hybrides amphidiploïdes*. — En (F_2) *suaveolens* \times *glutinosa* et *glutinosa* \times *sylvestris* n'ont présenté aucune disjonction d'ordre morphologique ou chromosomique; ces hybrides, dont les formes stériles correspondantes sont à méiose asyndétique totale, manifestent un comportement méiotique autosyndétique rigoureusement stable : chez *suaveolens* \times *glutinosa* : 28_n en M_I (16 d'origine *suaveolens* + 12 d'origine *glutinosa*), $28 + 28$ en M_{II} , 99 % de bon pollen, capsules contenant 200 à 260 graines, celles des parents en contenant respectivement 275 et 1800 à 2000; chez *glutinosa* \times *sylvestris* : 24_n en M_I (12 d'origine *glutinosa* + 12 d'origine *sylvestris*); M_{II} : $24 + 24$; 95 % de bon pollen et capsules contenant 700 à 1000 graines, celles des parents contenant respectivement 1800 à 2000 et 4300. Ces deux formes se comportent donc comme des espèces stabilisées.

L'hybride amphidiploïde *suaveolens* \times *quadrivalvis* n'a pas une méiose absolument régulière. Il forme souvent I_{IV} en M_I et cependant, en F_2 , il n'y a pas de disjonction ni au point de vue du nombre chromosomique, ni au point de vue morphologique; cet hybride se rapproche donc des précédents. Le pollen est bon à 70 à 80 %. Les capsules contiennent 50 à 150 graines, celles des parents en contenant respectivement 275 et 1000 à 1200.

Dans nos autres hybrides amphidiploïdes *Tabacum* \times *glutinosa*, *quadrivalvis* \times *Tabacum*, *Tabacum* \times *sylvestris* et *rustica* \times *paniculata*, dont les formes stériles correspondantes manifestent une méiose à allosyndèse partielle, nous avons observé, chez les différents pieds de F_2 , des variations dans la formule chromosomique de l'ordre de $1 \pm$ ou ± 2 chromosomes; nous avons en outre noté des variations d'ordre morphologique, plus particulièrement chez les amphidiploïdes *Tabacum* \times *sylvestris* et *rustica* \times *paniculata*, en ce qui concerne le port, la forme des feuilles, la taille et la pigmentation des fleurs. Il y a également des différences dans le degré de fertilité des divers pieds de la descendance par suite de la présence de polyvalents, monovalents asynaptiques, chromosomes retardataires en A_I et A_{II} , en plus ou moins grand nombre, suivant les pieds.

PARASITOLOGIE. — *Sur les propriétés anthelminthiques de certains sels de métaux alcalins et alcalinoterreux*. Note (1) de M. **ROBERT DESCHIENS**, présentée par M. Emile Roubaud.

On sait que l'administration en lavement de chlorure de sodium, en solution dans l'eau à 60 ‰ (lavement de sel) ou à 200 ‰, est utilisée, avec des résultats satisfaisants, dans le traitement des manifestations rectales de l'oxyurose de l'Homme. En partant de cette donnée de pratique médicale, nous avons recherché

(1) Séance du 23 octobre 1944.

expérimentalement, chez des Rhabditidés et chez des Oxyuridés de la Souris et du Lapin, l'action anthelminthique de certains sels de métaux alcalins et alcalinoterreux, en les administrant en solutions, par grands lavements, ou, *per os*, en pilules gluténisées libérant leur noyau à un niveau déterminé de l'intestin.

Le test de détermination des propriétés anthelminthiques que nous avons utilisé, déjà relaté dans une Note antérieure ⁽²⁾, comprend deux épreuves : 1° l'action *in vitro* de solutions à des concentrations définies, dans de l'eau distillée à pH 7, du sel à essayer, sur *Rhabditis macrocerca* (Kreiss et Faust, 1933), Rhabditidé des déjections du lapin de garenne; 2° l'action *in vivo* sur *Aspicularis tetraptera* (Nitzsch, 1821), oxyure de la Souris, de solutions du sel à éprouver, injectées dans l'intestin à la dose de 1^{cm}³ par jour pendant *n* jours consécutifs, le contrôle de la déparasitation étant fait par autopsie.

Les sels essayés ont été : sels alcalins et alcalinoterreux ClNa, ClK, ClNH⁴, ClLi, Cl²Ba, Cl²Ca, BrK, IK, CO³NaH, SO⁴Na³; sel terreux bivalent SO⁴Mg.

Chlorure de sodium (ClNa). — La solution dans l'eau distillée, à 45 % et aux concentrations supérieures, tue *R. macrocerca* (1^{re} épreuve) en moins de 10 minutes, la solution à 22,5 ‰ en 25 heures. Avec la solution à 45 ‰, administrée à raison de 1^{cm}³ par Souris et par jour, ce qui correspond à 28,25 par kilo et par jour, on obtient la déparasitation des Souris infestées par *A. tetraptera* en moins de 6 jours (2^e épreuve); la solution à 22,5 ‰ est inactive chez la Souris; la solution à 45 ‰ est bien tolérée par la Souris pendant 8 jours; la solution à 90 ‰ tue la Souris en moins de 24 heures.

Chlorure de potassium (ClK). — La solution à 45 ‰ tue *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve); elle tue la Souris en 15 minutes (2^e épreuve); la solution à 58,2 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, est active dans les mêmes conditions en 10 minutes.

Chlorure d'ammonium (ClNH⁴). — La solution à 45 ‰ tue *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve), et tue la Souris en 5 minutes dans la 2^e épreuve; la solution à 41 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, est active en 15 minutes dans la 1^{re} épreuve.

Chlorure de lithium (ClLi). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve) et tue la Souris en 15 minutes dans la 2^e épreuve. La solution à 22,5 ‰ tue *R. macrocerca* en moins de 21 heures (1^{re} épreuve); elle détruit *A. tetraptera* en 3 jours (2^e épreuve), mais tue 50 % des Souris traitées dans le même temps. La solution à 32,7 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, est active sur *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve).

Chlorure de baryum (Cl²Ba). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 24 heures (1^{re} épreuve) et tue la Souris en 20 minutes. La solution à 159 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, est active en 15 minutes (1^{re} épreuve).

Chlorure de calcium (Cl²Ca). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 24 heures (1^{re} épreuve) et tue la Souris en 5 minutes dans la 2^e épreuve; la solution à 85 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes.

Bromure de potassium (BrK). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve) et tue la Souris en moins de 12 heures dans la 2^e épreuve; la solution à 91 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes.

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 513.

Iodure de potassium (IK). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes (1^{re} épreuve) et tue la Souris en 20 minutes dans la 2^e épreuve; la solution à 127 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, agit sur *R. macrocerca* en 15 minutes.

Bicarbonate de soude (CO³NaH). — La solution à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 25 minutes (1^{re} épreuve) et détruit *A. tetraptera*, chez les Souris infestées, en 6 jours; le traitement provoque la mort de 50 % des souris traitées, en 3 jours; la solution à 64,6 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰ agit sur *R. macrocerca* en 25 minutes.

Sulfate de soude (SO⁴Na²). — La solution à 45 ‰ est inactive sur *R. macrocerca* et sur *A. tetraptera*; elle n'est pas toxique pour la Souris en 8 jours; la solution à 109,2 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, tue *R. macrocerca* en 2 jours.

Sulfate de magnésie (SO⁴Mg). — La solution à 45 ‰ est inactive sur *R. macrocerca* et sur *A. tetraptera*; elle n'est pas toxique pour la Souris en 8 jours; la solution à 92 ‰, équimoléculaire à ClNa à 45 ‰, tue *R. macrocerca* en 2 jours.

Il ressort de ces données que les solutions de ClK, ClNH⁴, Cl²Ba, Cl²Ca, BrK, IK, étant toxiques pour la Souris aux concentrations actives sur les parasites, ne sauraient être retenues en vue d'un emploi thérapeutique éventuel; il en est de même des solutions de CO³NaH, bien que celles-ci soient moins toxiques. Les solutions de SO⁴Na² et SO⁴Mg sont inactives. La solution de ClNa à 45 ‰ se révèle au contraire non toxique et anthelminthique; ce sel est utilisable chez la Souris *per anum* sous forme de solution et chez le Lapin *per os* sous forme de pilules gluténisées.

Les propriétés anthelminthiques des solutions étudiées ne correspondent pas uniquement aux concentrations moléculaires de celles-ci, puisque les solutions de SO⁴Na² et SO⁴Mg, équimoléculaires à la solution de ClNa à 45 ‰, sont inactives sur *R. macrocerca*. Certains ions et en particulier l'anion Cl⁻ semblent favorables à une action vermicide, alors que d'autres ions, comme SO⁴—, paraissent défavorables.

A 16^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Charles Barrois* :

En première ligne..... M. ALBERT MICHEL-LÉVY.

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique..... { MM. LÉON BERTRAND.
PAUL FALLOT.
PAUL GAUBERT.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17^h15^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS.

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur les mouvements propres des étoiles et la rotation de la galaxie.*

Note de M. ERNEST ESCLANGON.

La rotation de la galaxie a pu être mise en évidence par une étude statistique appropriée des vitesses radiales des étoiles, dont la connaissance présente l'avantage d'être indépendante de leur distance.

Le problème de la liaison entre la rotation galactique et les mouvements propres *angulaires* des étoiles sur la sphère céleste est plus complexe.

Les mouvements propres observés sont même, en un sens, mal définis en raison de la méthode habituelle qui sert à les obtenir. Cette méthode est photographique; elle consiste à déterminer, sur les clichés, le déplacement apparent des étoiles dont on recherche le mouvement propre, par rapport à un fond d'étoiles faibles et lointaines qu'on suppose constituer un système invariable. Or ces dernières sont affectées, et affectées différemment par la rotation de la galaxie, rotation qui se fait non pas en bloc, mais en fonction variable de la distance au centre de la galaxie. La précision croissante des mesures d'une part (qui peut atteindre quelques centièmes de seconde d'arc), l'étendue croissante des intervalles de temps dont on dispose pour la manifestation sensible des mouvements propres d'autre part, font que ces circonstances sont à considérer, aussi bien pour la définition des mouvements propres que pour l'étude de la rotation galactique. L'effet différentiel du mouvement propre dû à la rotation de la galaxie peut atteindre $0",70$ par siècle et serait accessible aux mesures dans un intervalle de temps de quelques dizaines d'années.

On ne pourrait s'affranchir de ces difficultés qu'en rattachant les positions des étoiles à celles des nébuleuses spirales, ce qui sera sans doute réalisé dans l'avenir, ou alors déterminer les mouvements propres par des mesures absolues, rapportées aux éléments invariables du système solaire.

La vitesse angulaire d'une étoile dans le plan central, due à l'effet de rotation galactique et définie à *partir du centre de la galaxie*, peut être représentée par une fonction $\Phi(r)$ de sa distance r au centre galactique.

Bornons-nous au plan central galactique. Si l'on assimile la galaxie à une sorte de lentille, ou plus exactement à une double forme en cloche très évasée (cloches accolées par leurs bases) on trouve que, par le jeu de l'ensemble des attractions newtonniennes, la vitesse des étoiles est nulle pour $r = \infty$, nulle aussi au centre $r = 0$ (où la force agissante est nulle), mais que $\Phi(r)$ va constamment en croissant des bords vers le centre⁽¹⁾.

La fonction $\Phi(r)$ n'est pas éloignée d'une représentation de la forme $A/\sqrt{r(1+kr^2)}$. Le caractère croissant de la fonction $\Phi(r)$, quand on se rapproche du centre galactique, explique non pas l'existence des bras des spirales, mais la forme spirale de ces bras, tout amas, primitivement et localement formé, se déformant en spirale en raison de l'avance angulaire, avec le temps, des éléments plus rapprochés du centre.

Il est facile d'obtenir l'expression analytique du mouvement propre angulaire d'une étoile vue du Soleil, en fonction de $\Phi(r)$ et du mouvement propre du Soleil, en plus de son mouvement d'entraînement dans la galaxie.

Dans tous les cas, on peut supposer faite, dans le mouvement propre angulaire d'une étoile, la correction due au mouvement particulier du Soleil, parmi les étoiles qui l'entourent et qui devient importante pour les étoiles qui en sont voisines.

En première approximation, on peut néanmoins négliger ici le mouvement particulier et relatif du Soleil de 20 km/s, vis-à-vis de son mouvement d'entraînement dans la galaxie, lequel est de l'ordre de 225 km/s.

Dans ces conditions, si l'on désigne par $\lambda = 30$ la distance, en milliers d'années lumière, du Soleil au centre de la galaxie, par φ l'angle que fait la direction d'une étoile, vue du Soleil, avec la direction joignant le Soleil au centre galactique, par r et ρ les distances de cette étoile au centre galactique et au Soleil (ou à la Terre), on voit facilement que le mouvement propre angulaire de cette étoile sur la sphère céleste est donnée par la formule

$$(1) \quad \mu = \Phi(r) - \frac{\lambda \cos \varphi}{\rho} [\Phi(r) - \Phi(\lambda)].$$

On prend comme unité de distance le millier d'années lumière, comme unité de temps le millier d'années, en sorte que μ représente le nombre de secondes d'arc parcouru en 1000 ans, $\Phi(r)$ étant lui-même exprimé en secondes d'arc. Le Soleil est supposé faire un tour complet dans la galaxie en 250 millions d'années.

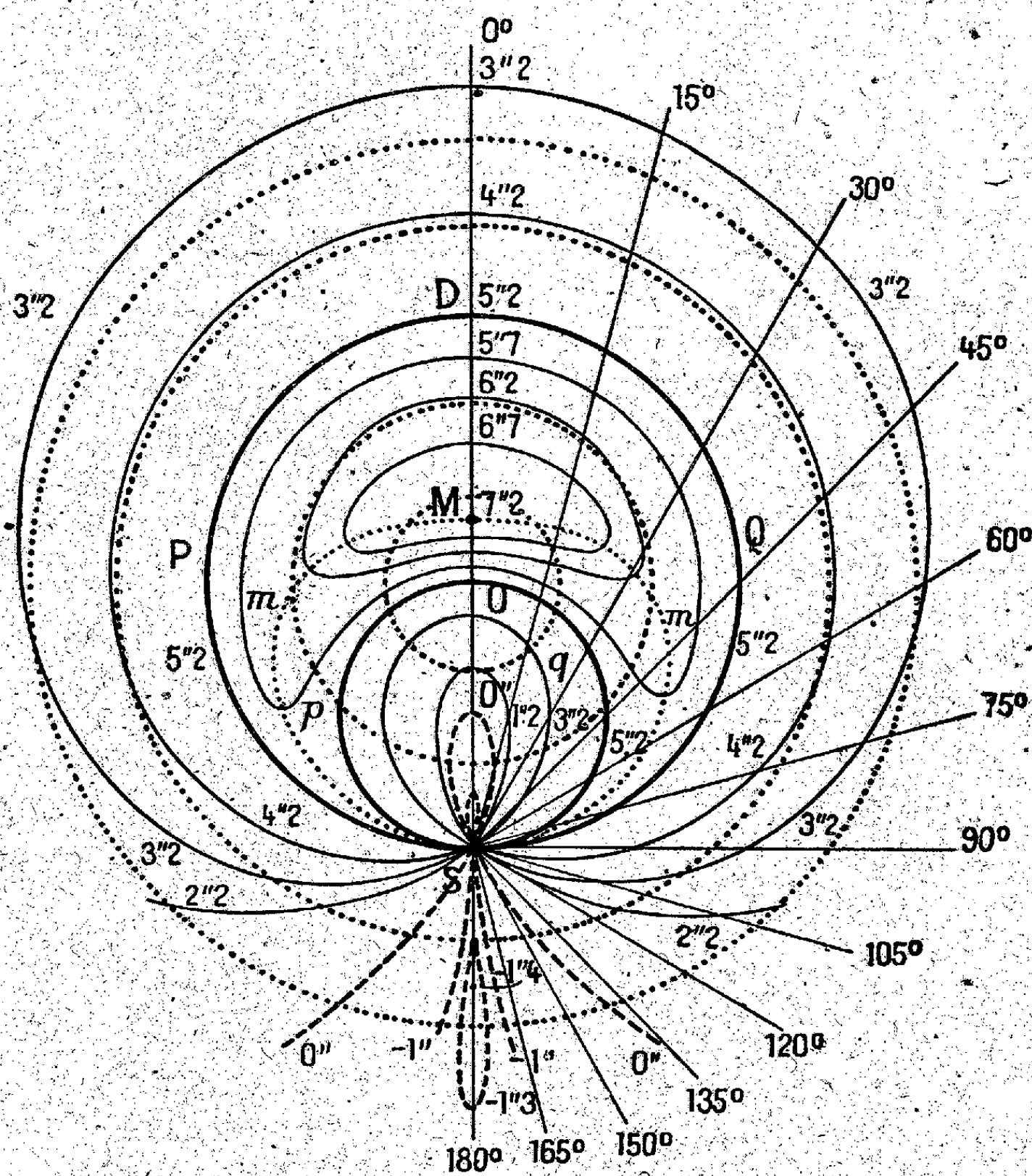
Pour les étoiles voisines du Soleil ($\rho = 0$), on a

$$(2) \quad \mu = \Phi(\lambda) + \lambda \Phi'(\lambda) \cos^2 \varphi.$$

(1) La fonction $\Phi(r)$ peut en réalité être finie ou infinie pour $r = 0$ suivant l'hypothèse faite sur la répartition des densités stellaires dans la région centrale. Les vitesses y étant nulles, ce caractère n'influe que peu sur les mouvements propres.

Il existe une propriété indépendante de la fonction $\Phi(r)$. D'abord il est évident que toutes les étoiles situées à la même distance que le Soleil du centre de la galaxie ($r = \lambda$) ont le même mouvement propre, à savoir $\Phi(\lambda) = 5''.2$; mais toutes les étoiles situées sur le cercle décrit sur OS comme diamètre $\rho = \lambda \cos \varphi$ (O centre galactique, S Soleil) sont animées aussi de ce même mouvement propre.

Pour les étoiles comprises dans l'intervalle de ces deux cercles, sorte de croissant fermé SPDQQ, p, q (voir la figure), le mouvement propre est supérieur



à $\Phi(\lambda)$; le maximum, $7''.2$, ayant lieu pour les étoiles situées en M, dans la direction SO du centre galactique O, à la distance de 35 000 années lumière; un minimum de $-1''.4$ a lieu dans la direction opposée, à la distance de 15 000 années lumière. Le tableau ci-après donne, en secondes d'arc par millénaire, les mouvements propres correspondant aux diverses directions et aux diverses distances au Soleil, dans le plan galactique (il y a symétrie par rapport à la

droite joignant le Soleil au centre galactique). La figure en donne une représentation géométrique, avec les lignes d'égal mouvement propre.

ρ	$\varphi = 0^\circ$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
0	-1,2	-0,8	+0,4	+2,0	+3,4	+4,8	+5,2	+4,8	+3,4	+2,0	+0,4	-0,8	-1,2
5	-0,9	-0,5	+1,0	+2,7	+4,0	+5,2	+5,1	+4,2	+3,0	+1,3	-0,2	-1,0	-1,3
10	-0,4	+0,1	+2,0	+3,4	+4,6	+5,3	+4,8	+3,7	+2,5	+0,8	-0,4	-1,1	-1,4
15	0,0	+0,8	+3,0	+4,2	+5,2	+5,2	+4,4	+3,2	+1,9	+0,5	-0,5	-1,1	-1,4
20	+1,1	+2,1	+4,0	+5,0	+5,5	+4,9	+4,0	+2,8	+1,5	+0,3	-0,5	-1,2	-1,4
25	+2,3	+3,6	+5,0	+5,6	+5,4	+4,6	+3,6	+2,5	+1,2	+0,1	-0,6	-1,2	-1,4
30	+5,2	+5,5	+5,8	+5,9	+5,2	+4,3	+3,2	+2,1	+0,9	0,0	-0,7	-1,1	-1,3
35	+7,3	+6,6	+6,2	+5,7	+5,0	+4,0	+2,8	+1,8	+0,7	-0,1	-0,7	-1,1	-1,2
40	+7,2	+7,0	+6,2	+5,4	+4,6	+3,6	+2,5	+1,5	+0,6	-0,1	-0,8	-1,1	-1,2
45	+6,9	+6,5	+5,9	+5,0	+4,0	+3,2	+2,2	+1,4	+0,5	-0,2	-0,7	-1,1	
50	+6,3	+6,0	+5,4	+4,5	+3,5	+2,8	+2,0	+1,2	+0,4	-0,2	-0,6		
55	+5,7	+5,5	+4,9	+4,1	+3,3	+2,5	+1,8	+1,0	+0,4	-0,2			
60	+5,2	+5,0	+4,5	+3,8	+3,0	+2,3	+1,6	+1,0	+0,3				
65	+4,6	+4,5	+4,1	+3,5	+2,7	+2,1	+1,5	+0,9					
70	+4,2	+4,0	+3,7	+3,2	+2,5	+1,9	+1,4	+0,8					
75	+3,9	+3,6	+3,4	+3,0	+2,3	+1,8	+1,3						
80	+3,5	+3,4	+3,1	+2,8	+2,1	+1,7							
85	+3,3	+3,1	+2,9	+2,6	+2,0								
90	+3,0	+2,9	+2,7	+2,4									
95	+2,8	+2,7	+2,5										

La connaissance de parallaxes de plus en plus nombreuses, jointe à celle des mouvements propres, avec une abondance et une précision croissantes, fait espérer qu'on pourra, par cette autre voie, parvenir à la détermination de la distance λ du Soleil au centre galactique et d'une valeur moyenne de la fonction $\Phi(r)$.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez l'Apium inundatum Reichb.* Note (1) de M. **RENÉ SOURCES**.

De multiples observations seront sans doute encore nécessaires pour fixer les lois générales selon lesquelles se développe l'embryon des Ombellifères. Mes précédentes recherches sur le *Carum Carvi* et le *Pimpinella Saxifraga* (2) ont déjà donné une idée de la complexité du problème. Celle-ci tient en premier lieu à la grande diversité qui préside à la construction des formes, ensuite à la disposition linéaire des premiers blastomères, aplatis et serrés les uns au-dessus des autres, ce qui rend la filiation cellulaire difficile à déterminer, enfin à la différenciation de plusieurs types de proembryons octocellulaires dont les formes dérivées arrivent à prendre le même aspect et sont, par là, d'une interprétation nécessairement hypothétique.

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 339; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 77, 1930, p. 494.

H. A. Borthwick⁽³⁾, en 1931, chez le *Daucus Carota*, a eu la bonne fortune de rencontrer presque uniquement des proembryons octocellulaires comportant huit éléments superposés; il a pu ainsi se montrer plus affirmatif dans ses conclusions relatives aux destinées des cellules constitutives du proembryon. Ce sont des formes proembryonnaires semblables, dont les éléments supérieurs offrent des destinées identiques, que j'ai pu retrouver dernièrement chez le *Ligustrum ovalifolium*⁽⁴⁾.

Cependant les conclusions de Borthwick n'apparaissent pas convaincantes. Il a donné un nombre certainement insuffisant de figures, qui ne permettent pas de se rendre compte de la filiation exacte des cellules et de bien déterminer, dans chaque cas, ce qui provient de la cellule apicale, et ce qui tire origine de la cellule basale. D'autre part certaines de ses formes, par exemple celles figurées en 21, 22, 23, trouveraient, semble-t-il, une interprétation plus rationnelle en admettant qu'elles dérivent d'un proembryon octocellulaire à 6 ou 7 étages, ce qui conduirait à attribuer aux éléments de la tétrade des destinées fondamentalement différentes.

L'*Apium inundatum* m'a fourni l'exemple d'une espèce chez laquelle on peut déterminer les rapports des premiers blastomères et des régions fondamentales du corps avec bien moins d'incertitude. Les raisons en sont les suivantes : 1° d'une manière constante, il n'a été rencontré, chez l'*Apium*, que des formes octocellulaires à 8 étages; 2° de bonne heure, le proembryon prend, dans sa région supérieure, une forme sphérique qui permet de reconnaître les étages qui donneront naissance au corps embryonnaire proprement dit; 2° enfin le nombre des formes aberrantes est peu élevé et elles paraissent si exceptionnelles qu'on peut fort bien ne pas en tenir compte.

Le proembryon bicellulaire (*fig. 1*) donne une tétrade linéaire *première* (*fig. 2*), à laquelle succède, par bipartitions transversales, un proembryon octocellulaire comportant 8 éléments superposés (*fig. 11*). Les figures 3 et 4 permettent d'assister à la division de la cellule supérieure, *cc*, de la tétrade, et la figure 9 à la division de la cellule subterminale *cd*. Les 4 éléments supérieurs, *l*, *l'*, *m* et *ci*, issus des cellules *cc* et *cd*, représentent une tétrade linéaire *seconde*, qui, seule, contribue à la construction du corps embryonnaire; les 4 éléments inférieurs, originaires de la cellule basale, produisent le suspenseur. En règle très générale, le blastomère supérieur *l* d'abord (*fig. 14, 15*), puis, peu après, son frère *l'*, placé au-dessous (*fig. 16, 17, 18*), prennent par deux fois des cloisons méridiennes donnant 4 cellules circumaxiales; celles-ci, en raison même de la forme globuleuse que prend la région supérieure du proembryon, revêtent les caractères de 4 octants supérieurs, *os*, et de 4 octants inférieurs, *oi*.

(3) *Bot. Gazet.*, 92, 1931, p. 23.

(4) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 328.

Les octants supérieurs se segmentent généralement par cloisons periclinales faisant apparaître extérieurement es premiers éléments de dermatogène (*fig. 25, 29*). Parfois cependant ces premières parois sont anticlines, à direction verticale (*fig. 22 et 23 à g.*) ou horizontale (*fig. 21 à d., 24 à g.*). Dans les cellules sous-épidermiques se produisent des

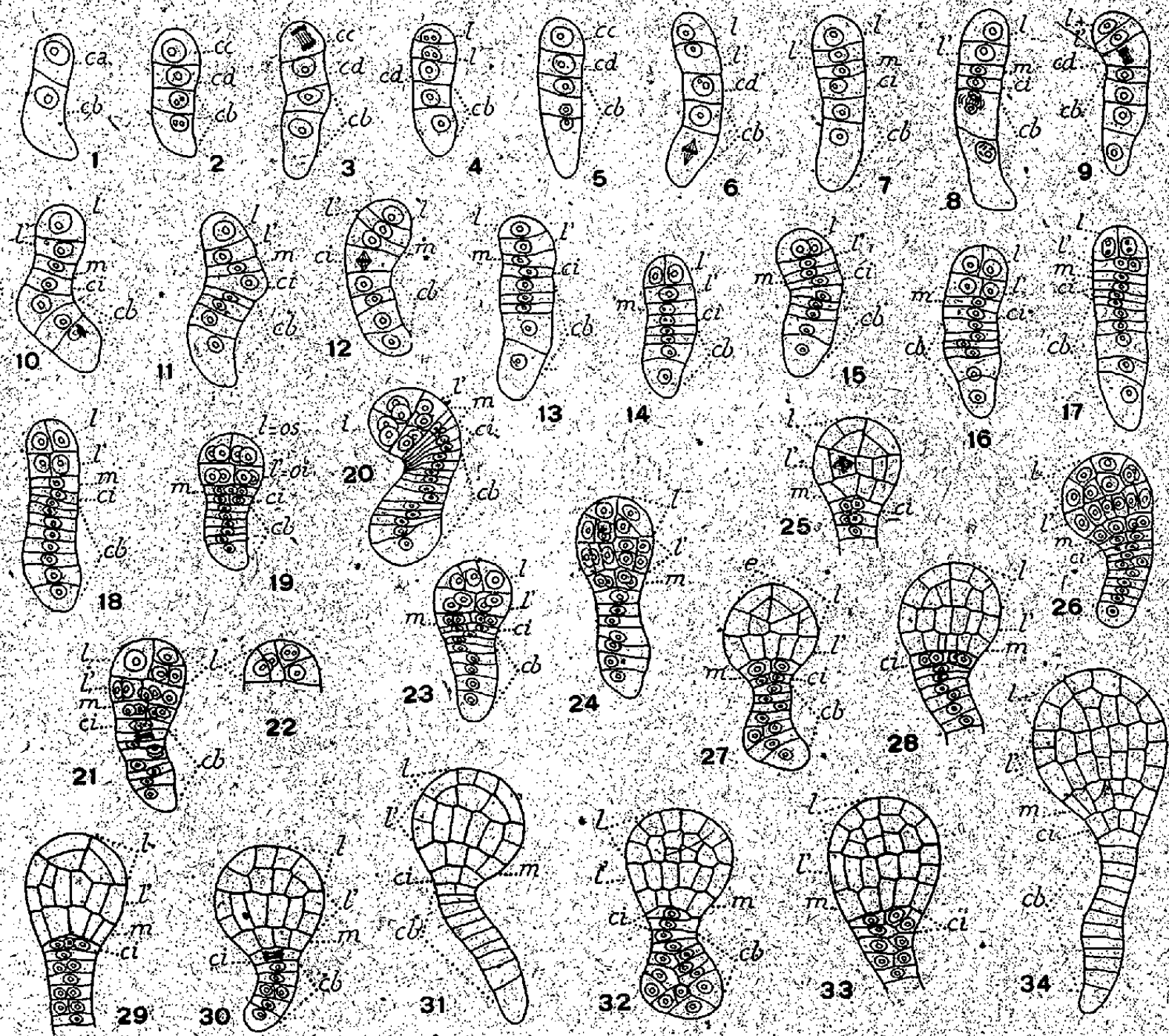


Fig. 1 à 34. — *Apium inundatum* Reichb. — Les principaux termes du développement de l'embryon: *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellule-fille de *ca*, mères de la tétrade linéaire seconde; *l*, cellule terminale de cette dernière tétrade donnant les octants supérieurs, *os*, ou la partie cotylée; *l'*, cellule subterminale engendrant les octants inférieurs, *oi*, puis la moitié supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule dite moyenne de la tétrade, produisant la moitié inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade seconde donnant le primordium de la coiffe; *e*, épiphyse. Les figures 21 et 22 représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon. G. = 330.

parois longitudinales qui séparent extérieurement les cellules-mères des cotylédons (*fig. 28, 31*) et, au voisinage de l'axe, des éléments qui prendront des cloisons transversales et entreront dans la construction du cône végétatif de la tige. Le blastomère *l*, ou les 4 octants supérieurs qui en sont issus, engendre ainsi la partie cotylée *sensu lato*. Quand les premières cloisons dans les octants supérieurs sont toutes horizontales, il se constitue, au sommet, un étage nouveau qui correspond à l'épiphyse seulement (*e*; *fig. 27*). Mais, dans de semblables formes, l'on pourrait fort bien admettre que l'épiphyse est constituée par les 4 octants supérieurs et dérive ainsi de *l, l'*, donnant dans ce cas la partie cotylée *sensu stricto*, *m* la partie supérieure et *ci* la partie inférieure de l'hypocotyle. Cette interprétation serait en tous points conforme à celles auxquelles j'ai été conduit au sujet du *Carum Carvi*.

Les octants inférieurs, par cloisons d'abord verticales (*fig.* 25, 26, 28), puis transversales (*fig.* 29, 30, 31, 33, 34) donnent naissance à la partie supérieure de l'hypocotyle, celle qui deviendra la tige hypocotylée. L'élément *m* produit aussi 4 cellules circumaxiales (*fig.* 19, 21, 23, 24) qui restent généralement assez aplaties. Par cloisons tangentiellles, elles séparent extérieurement des cellules de dermatogène, et intérieurement des éléments aux dépens desquels se différencient les initiales de l'écorce et de la stèle de la racine (*fig.* 28, 34); de la sorte, *m* engendre la partie intérieure de l'hypocotyle correspondant au rudiment de la racine. L'élément *ci* (*fig.* 13 à 18) se segmente le plus souvent verticalement en 2, puis 4 cellules juxtaposées (*fig.* 19, 23, 25 à 29), qui, par divisions transversales, donneront le primordium de la coiffe (*fig.* 34). Parfois le blastomère *ci* se segmente d'abord obliquement (*fig.* 32) ou transversalement (*fig.* 17, 20), engendrant, dans ce dernier cas, deux éléments superposés; les deux éléments peuvent entrer dans la construction de la coiffe (*fig.* 33), ou bien seul l'élément supérieur produit cette partie du corps; l'inférieur contribuant à la construction du suspenseur. Celui-ci peut affecter des formes et dimensions fort diverses (*fig.* 30, 32, 34) et le nombre des éléments qui contribuent à l'édifier peut être fort variable.

Peu de formes ont été rencontrées dont le mode de construction peut difficilement être interprété en partant du proembryon octocellulaire à 8 étages. En 24 cependant se trouve représenté un proembryon qui rationnellement devrait être rattaché à un type octocellulaire à 6 étages, comportant au sommet deux dyades superposées, dérivées l'une de *cc*, l'autre de *cd*; les deux étages *l* et *l'* de la figure 24 dériveraient de ces deux dyades et donneraient, l'un la partie cotylée, l'autre la partie hypocotylée; *m* serait une descendante au 2^e degré de la cellule basale et produirait le primordium de la coiffe.

Il serait prématuré de conclure que le type normal du développement de l'embryon des Ombellifères est celui qui ressort du plus grand nombre de mes observations sur l'*Apium inundatum*, venant à l'appui des conclusions générales que Borhtwick a tirées de son étude sur la Carotte. Ce type de développement ne serait pas d'ailleurs propre aux Ombellifères, puisqu'il a été retrouvé chez une Oléacée, le *Ligustrum ovalifolium*. A l'heure actuelle, une chose paraît certaine, c'est la formation, chez les Ombellifères, d'une tétrade linéaire qui donne naissance, par bipartition de ses éléments, à des proembryons à 6, 7 et 8 étages pouvant apparaître dans des proportions différentes chez une même espèce.

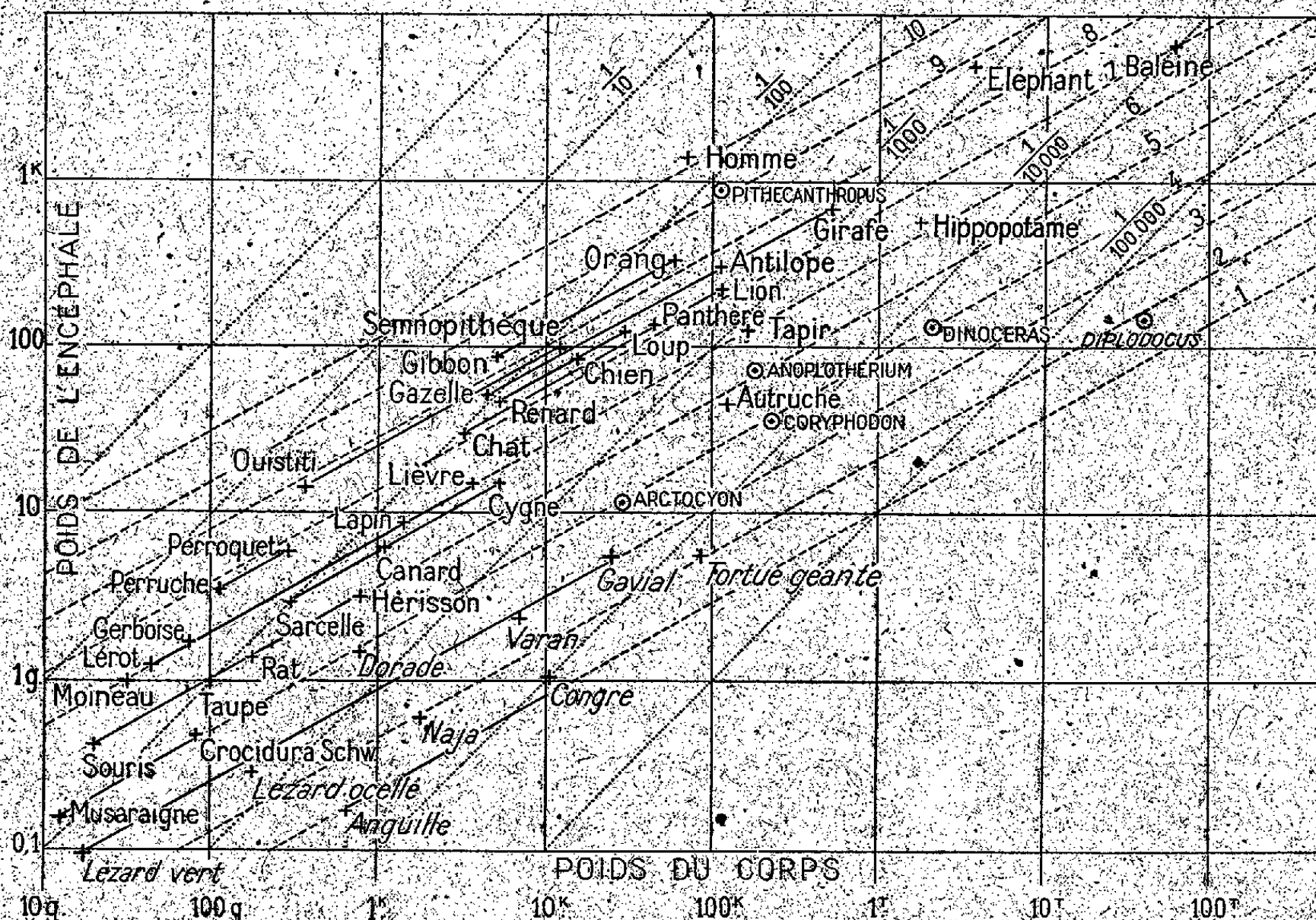
ANATOMIE COMPARÉE. — Répartition par échelons des poids encéphaliques relatifs chez les Vertébrés. Note (1) de M. LOUIS LAPICQUE.

En 1907, j'ai montré qu'on obtenait, entre diverses espèces de Mammifères et d'Oiseaux, une figuration très significative du développement relatif de l'encéphale lorsque le poids de celui-ci était représenté en fonction du poids du

(1) Séance du 3 janvier 1945

corps sur coordonnées logarithmiques ⁽²⁾. En effet, chaque famille naturelle se dispose sur une droite inclinée à 56 % ⁽³⁾, et les diverses familles apparaissent ainsi sur des droites parallèles, à des hauteurs différentes faciles à apprécier, au besoin par extrapolation, même quand les poids corporels sont très éloignés.

Les documents numériques acquis à cette époque étaient relativement rares. Ils sont maintenant innombrables, et quand on veut en dresser maintenant le tableau, on tombe dans la confusion. Mais il est possible d'y mettre de l'ordre



et d'en tirer d'intéressantes remarques si on le dispose sur un canevas préalable dressé suivant une théorie de Dubois, théorie d'ailleurs fort intéressante en elle-même, à savoir que le développement phylogénétique du cerveau s'est fait par mutations brusques, le poids relatif doublant au cours du développement ontogénétique par une bipartition supplémentaire des neuroblastes.

Traçons une série de droites de pente 56 % à des intervalles correspondants au rapport 1 à 2 (0,3 sur échelle logarithmique). La Souris, le Rat, la Taube et le Hérisson peuvent se placer sur une de ces droites; à partir des valeurs d'abscisse et d'ordonnée ainsi numériquement définies, d'autres Insectivores,

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 144, 1907, pp. 1459-1462.

⁽³⁾ Expression graphique de la loi de Dubois, $E = kP^{0,56}$. Le coefficient K est appelé *poids relatif*.

les Musaraignes, tombent juste sur la droite immédiatement inférieure; divers Rongeurs, sur la droite immédiatement supérieure. Au-dessus de ces trois lignes, considérons en quatre autres plus hautes et au-dessous trois autres plus basses. Cela nous donne une série de 10 échelons par rapport auxquels on peut repérer toutes les espèces de Vertébrés.

En commençant le numérotage par le bas, l'Homme tombe tout près de l'échelon 10; les Singes anthropoïdes, près de l'échelon 8; la masse des Mammifères, dont la vie mentale nous semble proche de la nôtre, Félins, Canidés, Ruminants, Singes ordinaires, est éparse entre le 7^e et le 8^e. La plupart des Oiseaux se placent sur trois droites situées chacune par rapport aux deux autres à la distance prévue, mais un peu au-dessous respectivement des échelons 5, 6 et 7.

Tous les Vertébrés à sang chaud se situent ainsi entre les échelons 3 et 10; les Vertébrés à sang froid viennent juste au-dessous; entre les échelons 1 et 3.

Il est intéressant de placer les fossiles sur le même tableau (noms en capitales). Le *Pithecanthropus*, dont on peut, avec une certaine approximation, reconstituer le poids corporel et celui de son encéphale, tombe sur l'échelon 9, resté vide entre les Singes Anthropoïdes et l'Homme. Sous la même réserve, les gigantesques Mammifères tertiaires tombent sur l'échelon 4, dans une grande région du tableau où ne subsiste aucun animal actuel (si ce n'est l'Autruche, un peu au-dessous de l'échelon 5, au niveau le plus bas des Oiseaux, celui des Gallinacés). L'échelon 4, en particulier, ne comprend comme espèces actuelles que des Insectivores de petite taille dont le plus grand n'atteint pas 100^g de poids corporel. Au-dessous de ce vide, les Reptiles ont conservé des représentants plus volumineux, en y comprenant les grands Crocodiles pour lesquels je n'ai pas de chiffres, mais dont l'emplacement se laisse déterminer clairement par extrapolation. Le cas suivant fait bien voir l'intérêt d'une telle figuration des faits connus pour en saisir les lois. Il est classique de s'étonner du minuscule encéphale du *Diplodocus*, qu'on peut évaluer à 200^g au maximum, pour un corps évalué à 40 tonnes; avec de tels chiffres, ce fossile est situé sur l'échelon 2, qui est celui des Lézards; il a donc une grandeur encéphalique normale; si elle paraît dérisoire, cela tient simplement à l'énormité de la grandeur corporelle.

Les Poissons apodes sont tout au bas de l'échelle, mais d'autres Poissons remontent jusqu'à l'échelon 4, ce qui les égale aux plus inférieurs des Mammifères. L'ensemble des Poissons apparaît ainsi largement étagé; d'ailleurs on sait que, dans cette classe, l'encéphale présente des complications très diverses, dont l'étude quantitative a été à peine abordée.

Parmi les espèces de Vertébrés actuels dont nous avons maintenant les chiffres, un assez grand nombre ne se placent pas exactement sur l'un ou l'autre des échelons, ni à leur proche voisinage.

Les fossiles sont placés d'après les chiffres que Dubois a calculés, quelquefois, peut-être avec une certaine complaisance. Mais il n'en reste pas moins

exact, pour la généralité des poids relatifs de l'encéphale, qu'ils sont entre eux approximativement comme telle ou telle puissance de 2. Même si cette règle est valable seulement sous réserve d'exceptions et d'écarts qui d'ailleurs, ainsi qu'il est logique, semblent s'accuser avec la différenciation croissante des organismes, elle est précieuse pour repérer une espèce au point de vue du développement cérébral parmi l'infinie multiplicité des formes animales.

NOMINATIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **EM. LECLAINCHE** et **A. CHEVALIER** sont désignés pour faire partie du *Conseil de perfectionnement de l'Institut national agronomique*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Charles Barrois*, décédé.

Le nombre de votants étant 42,

M. Albert Michel-Lévy obtient.....	24 suffrages
M. Léon Bertrand »	18 »

M. ALBERT MICHEL-LÉVY, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **ALEXANDRE BIGOT** adresse des remerciements pour l'attribution qui lui a été faite du prix *Albert 1^{er} de Monaco*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La loi forte des grands nombres pour les fonctions aléatoires stationnaires continues.* Note de MM. **ANDRÉ BLANC-LAPIERRE** et **ROGER BRARD**.

Soient $U(t)$ une fonction aléatoire, stochastiquement continue, définie sur une catégorie d'épreuves ε , $\mathcal{M}U(t)$ sa valeur probable et $\mu(T, \varepsilon)$ la moyenne temporelle $\frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt$.

Si $U(t)$ est stationnaire au sens strict ⁽¹⁾, $\mu(T, \varepsilon)$ converge presque

⁽¹⁾ $U(t)$ est dit stationnaire au sens strict si ses propriétés statistiques sont invariantes pour tout déplacement de l'origine des temps, et stationnaire d'ordre 2 si cette invariance ne concerne que les moments d'ordre 1 et 2.

sûrement vers une limite pour $T = +\infty$ [Birkhoff ⁽²⁾]; si $U(t)$ est seulement stationnaire d'ordre 2 ⁽¹⁾, il existe une variable aléatoire $X(\varepsilon)$ vers laquelle $\mu(T, \varepsilon)$ converge en moyenne quadratique pour $T = +\infty$ ⁽³⁾. De plus, $\rho(\tau)$ étant le coefficient de corrélation relatif à $U(t)$, si

$$(1) \quad \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \rho(\tau) d\tau = 0,$$

on peut prendre pour $X(\varepsilon)$ le nombre certain $\mathfrak{M}U$ ⁽⁴⁾.

I. Des recherches d'hydrodynamique ⁽⁵⁾ et d'électricité ⁽⁶⁾ nous ont conduits à préciser ces résultats par le théorème ergodique suivant :

THÉOREME 1. — *Si $U(t)$, supposé stationnaire d'ordre 2, est tel que l'intégrale $\int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\tau) d\tau$ existe au sens de Césaro d'ordre 1, $\mu(T, \varepsilon)$ converge fortement vers $\mathfrak{M}U$ pour $T = +\infty$.*

Il suffit de faire la démonstration dans l'hypothèse où $\mathfrak{M}U = 0$; $\rho(\tau)$ étant supposé intégrable au sens de Césaro, on peut écrire ⁽⁷⁾

$$(2) \quad \mathfrak{M}\mu^2[T, \varepsilon] = \frac{U_0^2}{T} \mathfrak{X}(T),$$

où $U_0^2 = \mathfrak{M}U^2(t)$ et où $\mathfrak{X}(T)$ tend vers une constante finie positive ou nulle pour $T = +\infty$.

Si T tend vers l'infini par valeurs du type n^2 (n entier positif), la convergence forte annoncée résulte immédiatement de (2); en effet la série de terme général $\mathfrak{M}\mu^2[n^2, \varepsilon]$ est convergente ⁽⁸⁾.

Supposons maintenant que T tende vers l'infini de façon quelconque. Soit alors $\eta(T)$ le plus grand entier tel que $\eta^2(T) \leq T$; il nous suffit, pour établir la proposition, de montrer que $\frac{1}{\eta^2(T)} \int_0^T U(t) dt$ converge fortement vers zéro pour $T = +\infty$.

On peut écrire

$$(3) \quad \frac{1}{\eta^2(T)} \int_0^T U(t) dt = \frac{1}{\eta^2(T)} \int_0^{\eta^2(T)} U(t) dt + \frac{1}{\eta^2(T)} \int_{\eta^2(T)}^T U(t) dt.$$

⁽²⁾ Voir par exemple KOLMOGOROFF, *Société Mathématique*, Moscou, 44, 1937, p. 367.

⁽³⁾ KHINTCHINE, *Math. Ann.*, 109, 1934, p. 604.

⁽⁴⁾ SLUTSKY, *Actualités scientifiques*, 738, 1938, p. 33.

⁽⁵⁾ BRARD, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 144.

⁽⁶⁾ BLANC-LAPIERRE, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 924 et 985.

⁽⁷⁾ KAMPÉ DE FÉRIET, *Annales de la Société de Bruxelles*, 1^{re} série, 59, II, 1939, p. 145.

⁽⁸⁾ FRÉCHET, *Recherches théoriques modernes sur la théorie des probabilités*, 1, livre I^{er}, p. 238, Paris.

Le second terme du deuxième membre de (3) est majoré, en module, par

$$(4) \quad Y_\eta = \frac{1}{\eta^2} \int_{\eta^2}^{(\eta+1)^2} |U(t)| dt.$$

On a d'ailleurs

$$(5) \quad \mathcal{M} Y_\eta^2 = \frac{1}{\eta^4} \int_{\eta^2}^{(\eta+1)^2} \int_{\eta^2}^{(\eta+1)^2} \mathcal{M} [|U(t)| |U(t')|] dt dt'.$$

En appliquant l'inégalité de Schwartz, on obtient immédiatement

$$(6) \quad \mathcal{M} Y_\eta^2 \leq \frac{1}{\eta^4} [2\eta + 1]^2 U_0^2.$$

La série $\sum_{\eta} \mathcal{M} Y_\eta^2$ est donc convergente, ce qui prouve que Y_η converge fortement vers zéro lorsque $\eta \rightarrow \infty$ (*).

Il découle des résultats précédents que, sauf pour un ensemble d'épreuves de probabilité nulle, on peut, sur chaque épreuve, choisir T assez grand pour minimiser à volonté chacun des deux termes du second membre de (3), ce qui établit la convergence annoncée.

II. On peut obtenir un énoncé analogue à celui du théorème 1 pour certaines fonctions aléatoires non stationnaires. Désignons par $p_0(t)$ une fonction périodique continue (de période θ) sans caractère aléatoire; soit a la constante définie par

$$a\theta = \int_0^\theta p_0(t) dt.$$

THEOREME 2. — Si $U(t)$, supposé stationnaire d'ordre 2, est tel que l'intégrale $\int_{-\infty}^{+\infty} |p(\tau)| d\tau$ existe, alors $\frac{1}{T} \int_0^T U(t) p_0(t) dt$ converge fortement vers $(\mathcal{M} U) \times a$ lorsque T tend vers $+\infty$.

ASTROPHYSIQUE. — Magnitude absolue des novæ galactiques.

Note (*) de M. CHARLES BERTAUD, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Les novæ possèdent une luminosité très grande au moment de leur maximum d'éclat. J'ai essayé d'obtenir une valeur moyenne de cette magnitude absolue en utilisant toutes les parallaxes individuelles actuellement connues. Les diverses méthodes de détermination de la distance ont été pondérées de la manière suivante :

1° Méthodes qui font intervenir l'intensité des raies interstellaires (poids 5). Elles présentent quelque incertitude du fait de la complexité des raies H et K pour les novæ.

(*) Séance du 8 janvier 1945.

2° Méthodes qui utilisent la nébuleuse en expansion ou les composantes quand l'étoile se dédouble (poids 4). Elles comportent diverses hypothèses, comme celle de la symétrie dans l'éjection, qui ne sont pas toujours réalisées.

3° Méthodes utilisant la rapidité d'augmentation d'éclat et la vitesse des couches en expansion avant le maximum, ainsi que le rayon et l'éclat au moment de l'explosion (poids 3).

4° Autres méthodes : trigonométrique, spectroscopique etc., qui s'appliquent mal par suite de la trop grande distance ou du spectre en continuelle évolution (poids 1). J'ai évidemment fait exception pour Nova Sge 1913 dont la parallaxe trigonométrique s'élève à $0'',020$.

2. J'ai pu réunir ainsi 41 parallaxes, auxquelles j'ai joint les 4 suivantes que j'ai calculées :

1° *Nova Cygni* 1920. — La nébulosité découverte en 1921 était encore visible le 22 avril 1922 et Barnard évaluait alors son diamètre à $2'',1$. Avec cette valeur, j'ai calculé la parallaxe en admettant que l'expansion avait débuté le 16 août 1920 et s'était effectuée avec une vitesse constante, celle du système principal d'absorption, soit 1300 km/sec. Résultat $\pi = 0'',0023$ et $M = -6,2$.

2° *Nova Pictoris* 1925. — Van den Bos, qui a découvert le dédoublement, a poursuivi ses mesures jusqu'en 1931. Les composantes s'écartaient annuellement de $0'',2$. Avec ce taux d'expansion et une vitesse égale à celle de l'absorption principale au début de 1926, soit 430 km/sec, j'ai obtenu $\pi = 0'',0011$ et $M = -8,6$.

3° *Nova Aquilæ* 1936,6. — Des clichés antérieurs à la découverte permettent de situer l'explosion entre le 17 et le 19 juillet 1936⁽²⁾. Il résulte des mesures de Finsen et de Van den Bos, qui l'ont dédoublée, que la distance des composantes pour 1936,75 était de $0'',17$. J'ai admis cette valeur et une expansion commencée le 18 juillet avec une vitesse de 1000 km/sec⁽³⁾. Les composantes s'écartent alors de $0'',8$ par an et la parallaxe est $\pi = 0'',0019$, soit $M = -1,8$. Harper a déduit d'autre part, de l'intensité de la raie H interstellaire, une distance de 700 parsecs, c'est-à-dire une parallaxe de $0'',0014$, d'où $M = -2,5$.

4° *Nova Monocerotis* 1939. — Sa distance a été évaluée, par ses raies interstellaires, à 1000 parsecs⁽⁴⁾, mais on ne peut en déduire immédiatement la magnitude absolue, car le maximum n'a pu être observé. J'ai donc pensé pouvoir évaluer ce maximum en utilisant une remarque de D. B. Mc Laughlin suivant laquelle il semble que, pour une nova quelconque, le spectre nébulaire apparaît quand l'étoile a faibli de la même quantité à partir du maximum. J'ai vérifié ailleurs cette remarque pour 7 novæ principales, lesquelles m'ont donné un affaiblissement moyen de $4^m,2$. Or il résulte des observations spectroscop-

(²) L. CAMPBELL, *Pop. Astr.*, 45, 1937, p. 219.

(³) *Harv. Ann. Card.*, n° 389; A. B. WYSE, *Publ. Astr. Soc. Pac.*, 48, 1936, p. 302.

(⁴) SANDFORD, *Publ. Astr. Soc. Pac.*, 52, 1940, p. 35.

piques de Nova Monocerotis 1939 que le spectre nébulaire a dû faire son apparition entre le 21 octobre et le 18 novembre 1939 (⁵). En adoptant le début de novembre, l'étoile était alors de magnitude 8,5, ce qui m'a fourni au maximum 4,3. D'où, pour M, une valeur de $-5,7$ (poids 3).

3. Les valeurs de M obtenues avec l'ensemble des 45 parallaxes figurent dans le tableau qui suit, d'une part avec toutes les méthodes citées plus haut et d'autre part en éliminant les méthodes de poids 1. N désigne le nombre de parallaxes pour chaque étoile.

Nova.	Ensemble des méthodes.			Méthodes de poids supérieur à 1.		
	N.	M.	Poids total.	N.	M.	Poids total.
Cyg. 1600	2	$-3,1$	2			
CBr. 1866	3	$-6,6$	3			
Per. 1901	4	$-8,1$	12	3	$-8,4$	11
Ser. 1909	1	$+2,9$	1			
Lac. 1910	1	$-3,9$	1			
Gem. 1912	2	$-6,1$	4	1	$-6,0$	3
Sge. 1913	1	$+3,7$	3	1	$+3,7$	3
Aql. 1918	4	$-9,1$	17	4	$-9,1$	17
Lyr. 1919	1	$+2,4$	1			
Oph. 1919	2	$-4,4$	6	1	$-5,3$	5
Cyg. 1920	4	$-6,9$	13	3	$-7,2$	12
Pic. 1925	5	$-7,9$	12	3	$-8,1$	10
RS Oph.	1	$-5,6$	5	1	$-5,6$	5
Her. 1934	5	$-7,1$	19	5	$-7,1$	19
Lac. 1936	5	$-7,7$	23	5	$-7,7$	23
Aql. 1936,6	2	$-2,2$	9	2	$-2,2$	9
Sgr. 1936,7	1	$-7,0$	5	1	$-7,0$	5
Mon. 1939	1	$-5,7$	3	1	$-5,7$	3

4. Dans ce tableau les 3 novæ RT Ser. 1909, N. Sge. 1913 et N. Lyr. 1919 ont des magnitudes absolues voisines de $+3$ qui correspondent aux sous-novæ ou novæ naines de Gerasimovic. Les 15 autres s'étendent de $-9,1$ pour N. Aql. 1918 à $-2,2$ pour N. Aql. 1936,6, les deux tiers d'entre elles restant comprises dans un intervalle de 2,5 magnitudes entre $-8,1$ et $-5,6$.

Les résultats relatifs aux magnitudes absolues moyennes se résument ainsi :

- 1° Avec toutes les méthodes et 18 novæ $M = -6,6 \pm 0,6$.
- 2° En éliminant les méthodes de poids 1, avec 13 novæ $M = -6,9 \pm 0,7$.
- 3° En éliminant en outre N. Sge. 1913, avec 12 novæ ne comprenant plus de sous-novæ, $M = -7,1 \pm 0,5$.

Ces résultats sont à rapprocher de celui de C. Payne-Gaposchkin (⁶), $M = -6,65$ et de celui qu'a obtenu plus récemment K. Lundmark (⁷) avec 14 novæ $M = -7,3 \pm 1,2$.

(⁵) *Harv. Ann. Card.*, n° 517.

(⁶) *Variable Stars*, 1936, p. 245.

(⁷) *Act. Scient. et Indust.*, n° 895, 1941, p. 11.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la variation de la vitesse apparente des ondes courtes.* Note de M. **NICOLAS STOYKO**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On détermine la vitesse apparente des ondes comme le rapport du chemin le plus court de grand cercle, qui réunit la station d'émission avec la station de réception, à la durée de propagation. Comme le trajet vrai parcouru par les ondes varie en fonction de la hauteur de l'ionosphère, de sa densité, de l'angle d'incidence d'onde etc., la vitesse apparente varie également.

Nous avons étudié les résultats de réception des ondes courtes pendant la période de 1931 à 1939 inclus dans sept observatoires (Buenos-Aires, Hambourg, Paris, Potsdam, Tokyo, Washington et Zi-Ka-Wei). Le nombre des émissions journalières s'élève à 37.

A la base nous avons fait les hypothèses suivantes :

1° La vitesse apparente des ondes dans la partie de la Terre éclairée par le Soleil (v_f) n'est pas égale à la vitesse de nuit (v_n).

2° Il existe, en plus, une variation continue de la vitesse en fonction de l'angle horaire du Soleil (vitesse v_t , phase α).

3° La vitesse des ondes dans les régions polaires (v_g) pourrait différer de la vitesse des ondes dans les autres régions. Comme région polaire nous avons pris la région de 3500^{km} de rayon autour du pôle de Gauss.

4° La hauteur de la couche de réflexion des ondes courtes dans l'ionosphère dépend de la fréquence de ces ondes. Par conséquent nous avons supposé que la vitesse apparente des ondes est une fonction linéaire de la fréquence (v_f). Nous avons pris la fréquence de 11 mégacycles comme fréquence moyenne. Dans les cas étudiés la fréquence varie entre 8 et 19,5 mégacycles.

5° Nous avons supposé, d'après nos études précédentes, que la vitesse apparente des ondes qui empruntent l'arc le plus long de grand cercle (les ondes de superpropagation, vitesse v_s) réunissant la station émettrice avec l'observatoire, n'est pas la même que celles des ondes directes qui empruntent le chemin le plus court.

En utilisant ces hypothèses, nous avons formé 141 équations avec 7 inconnues d'après 15536 valeurs individuelles.

La forme générale de ces équations est la suivante

$$(1) \quad \tau = D[\Omega_n + F(f - 11) + C \cos t_m + S \sin t_m + \Delta\Omega_s] + ID_f + GD_g,$$

où τ est la durée de propagation, D la distance entre la station émettrice et la station réceptrice, $\Omega_n = 1/v_n$, f la fréquence de l'onde, t_m le temps moyen local du milieu du trajet de l'onde, D_f le trajet de l'onde dans la région éclairée par le Soleil, D_g le trajet de l'onde dans la région polaire,

$$F(f - 11) = \frac{1}{v_f} - \frac{1}{v_n}, \quad C = \left(\frac{1}{v_t} - \frac{1}{v_n} \right) \cos \alpha, \quad S = - \left(\frac{1}{v_t} - \frac{1}{v_n} \right) \sin \alpha, \\ \Delta\Omega_s = \frac{1}{v_s} - \frac{1}{v_n}, \quad I = \frac{1}{v_f} - \frac{1}{v_n}, \quad G = \frac{1}{v_g} - \frac{1}{v_n}.$$

La résolution par la méthode des moindres carrés de 66 équations pour les ondes directes, de 75 équations pour les ondes de superpropagation, ainsi que de leur ensemble, a montré que les erreurs moyennes de G et J sont supérieures à leurs valeurs propres. La formule (1) prend dans ce cas (141 équations de départ) la forme

$$(2) \quad \tau = D \left[\begin{array}{l} 3,601989 + 0,036775(f-11) + 0,123266 \cos(t + 7^h 43^m,0) - 0,252047 \\ \pm 53231 \pm 12498 \pm 56923 + 131,6 \pm 55093 \\ + 0,090952D_1 + 0,072667D_2, \\ \pm 119074 \pm 223617 \end{array} \right]$$

où τ est exprimé en millièmes de seconde de temps et D , D_1 et D_2 en milliers de kilomètres comme unité. La somme des carrés des résidus est égale à 332308. Le dernier terme entre crochets intervient seulement dans le cas de superpropagation.

L'influence des régions polaires sur la propagation des ondes courtes peut être considérée comme nulle, en accord avec les résultats que nous avons obtenus antérieurement⁽¹⁾. L'influence brusque et directe du Soleil au moment de son lever et de son coucher est aussi négligeable.

En laissant de côté ces deux causes, nous avons trouvé, par la méthode des moindres carrés,

$$(3) \quad \tau = D [3,628838 + 0,038925(f-11) + 0,113404 \cos(t + 8^h 4^m,6) - 0,249377] \\ \pm 40208 \pm 9582 \pm 53568 \pm 132,1 \pm 53306$$

La somme des carrés des résidus est égale à 333857.

On voit que la formule (3), avec deux inconnues de moins que la formule (2), donne le même résidu et, en plus, que les erreurs des inconnues conservées sont plus faibles que dans la formule (2).

De la formule (3) on tire en première approximation :

$$v = 275570 - 2956(f-11) - 8612 \cos(t + 8^h 4^m,6) + 18937, \\ \pm 3053 \pm 731 \pm 3935 \pm 132,1 \pm 4070$$

où le dernier terme intervient dans le cas de superpropagation.

Par conséquent, en moyenne, la vitesse apparente des ondes courtes varie en fonction de la fréquence, de l'heure locale du milieu du trajet et, en plus, de celui des deux chemins emprunté par l'onde.

PHOTOMÉTRIE. — Sur la transmission des monochromateurs.

Note de **JEAN TERRIEN**, présentée par M. Albert Pérard.

Outre la photométrie objective fondée uniquement sur la courbe de visibilité internationale, bien des progrès dans l'étude des sources de lumière, des corps

(1) N. STOYKO et R. JOUAUST, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 133.

colorés, de la vision et de la reproduction des couleurs, sont liés à la possibilité de mesures précises de flux monochromatiques. Celles-ci exigeraient que la transmission des monochromateurs fut bien définie, constante, et, pour les mesures absolues, bien connue. Or les monochromateurs doubles, seuls capables d'une purification spectrale suffisante, amènent des difficultés, trop souvent négligées tant par les constructeurs que par les utilisateurs. Nous nous sommes appliqué à les analyser. Voici résumées nos principales conclusions :

1° *Largeurs des fentes.* — Il est toujours possible de les choisir telles qu'elles rendent uniforme l'intervalle spectral reçu en tout point de la fente de sortie.

2° *Facteur de transmission et aberrations.* — En théorie, la relation générale de Clausius ⁽¹⁾ permet toujours de définir, pour une longueur d'onde, une polarisation et un pinceau de rayons donnés, un facteur de transmission T , qui est le rapport de la brillance B' de la fente de sortie à celle de la fente d'entrée B . Supposons que T ne dépende pas du trajet suivi par le pinceau (prisme non absorbant, ou schéma de van Cittert, où l'épaisseur traversée est uniforme). Pratiquement on mesure la brillance sur un faisceau étendu, donc une brillance moyenne; les aberrations la diminuent en élargissant les taches images; de plus, lorsque la pupille de l'œil est placée sur la fente de sortie, le champ observé n'est pas uniforme, ce qui interdit toute mesure visuelle précise. S'affranchir de ces effets est très désirable.

On y parvient en donnant à l'image monochromatique idéale une largeur b supérieure à celle de la tache d'aberration a ; sur une largeur $b - a$, la brillance de la fente de sortie est la même que sans aberrations, elle y est uniforme en distribution spatiale et angulaire, pourvu que la fente d'entrée soit correctement éclairée. On utilisera cette seule région. L'élargissement nécessaire des fentes détériore la pureté spectrale, modérément, car les aberrations imposent déjà une limite, même avec fentes très fines. Mais le facteur de transmission prend alors des valeurs définies et reproductibles.

En cas d'astigmatisme (prismes de Féry, optique à miroirs et incidence oblique), on utilise la focale tangentielle parallèle aux fentes. Mais le recouvrement sur la fente de sortie des focales provenant de points échelonnés sur la hauteur de la fente d'entrée donne un éclaircissement qui décroît vers les extrémités. Si la focale a une longueur t inférieure à h , hauteur qu'aurait l'image pour le pinceau central seul, et si les largeurs des fentes sont suffisantes pour assurer le recouvrement des focales malgré la courbure des raies, seule une région centrale de hauteur $h - t$ sur la fente de sortie reçoit un éclaircissement uniforme égal à ce qu'il serait sans astigmatisme. La brillance y est TB dans toute l'ouverture angulaire (ailleurs la brillance est la même, mais dans une partie seulement de l'ouverture et nulle en dehors).

(1) P. SATCHE, *Revue d'Optique*, 18, 1939, p. 20.

3° *Perte en ouverture angulaire*. — Les diaphragmes successifs, montures d'objectifs, contours des prismes, limitent l'angle solide maximum Ω des faisceaux. Ω dépend du point où passe la lumière sur la hauteur des fentes et de la longueur d'onde (effets d'œil de chat, surtout au deuxième prisme, s'il ne coïncide pas avec une image réelle du premier). Ces variations étant difficiles à déterminer, on réduira l'ouverture jusqu'à les éliminer. L'éclairement à la sortie variera alors comme TB.

Lorsqu'on mesure le flux, il faut considérer de plus l'aire utile de la fente de sortie; les aberrations, dans le sens longitudinal de la fente, rendent impossible sa définition exacte, à moins de masquer les extrémités sur la hauteur affectée par ces aberrations; le flux sera alors proportionnel à TB.

L'utilisateur peut donc en général, au prix d'un sacrifice sur la pureté spectrale, sur l'ouverture angulaire et sur la hauteur utile des fentes, choisir un mode opératoire tel que la grandeur mesurée soit proportionnelle à la brillance de la fente d'entrée, multipliée par une fonction caractéristique du monochromateur, le facteur de transmission T. Dans tous les autres cas, de graves erreurs sont à craindre.

Un monochromateur sera d'autant meilleur que ces sacrifices seront plus légers; le constructeur devrait soigneusement supprimer les effets d'œil de chat et corriger les aberrations. Pour cette dernière correction, il n'y a aucune difficulté si l'ouverture angulaire reste modérée; restriction sans importance, car, contrairement à une opinion commune, avec des pupilles de dimensions données (limitées en pratique par les prismes), le flux monochromatique isolé, pour une certaine pureté spectrale, ne diminue pas si l'on réduit l'ouverture, pourvu que la hauteur de la fente d'entrée soit vue de l'objectif sous le même angle dans tous les cas.

Cette étude a été mise à profit pour la réalisation (en cours) d'un monochromateur double.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Variations des rotations magnétiques des ions nitrique et sulfurique dans les solutions aqueuses* ⁽¹⁾.

Note de MM. **RENÉ DE MALLEMANN** et **FERNAND GUILLAUME**, présentée par M. **Aime Cotton**.

Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique $[\Lambda]$ des acides forts, en solution aqueuse (calculé par soustraction de $[\Lambda]H^+O$), varie beaucoup avec la concentration.

Dans le cas des acides nitrique et sulfurique, on admettait, depuis les observations très soignées de Perkin, que ce pouvoir rotatoire *augmentait* d'une manière continue avec la teneur en acide. Mais, pour les solutions

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

relativement étendues (voisines de la normale), les nombres de Perkin présentent des fluctuations, et ce fait semble indiquer que la précision du dispositif n'était plus suffisante.

Les auteurs ont donc jugé nécessaire de reprendre l'étude des acides et de leurs sels à l'aide du magnétopolarimètre double, spécialement construit pour ce genre de mesures. Les résultats ainsi obtenus se sont trouvés en bonne concordance avec ceux de Perkin (et de ses successeurs) dans le cas des solutions *concentrées*, mais, pour les solutions étendues, ils diffèrent à tel point que l'allure de la courbe de variation est complètement modifiée. *La conclusion de Perkin devient fausse, parce que trop générale.*

Ces remarques s'appliquent d'ailleurs aussi bien à la grandeur caractéristique de l'individualité moléculaire $[\Omega] = 9n[\Lambda]/(n^2 + 2)^2$ (n indice de réfraction), dont l'un de nous a montré l'invariance physique approximative, proposant de lui donner le nom de *rotativité* ⁽²⁾.

1. Les variations observées quand les solutions renferment des ions NO^3 ont une forme particulièrement nette et suggestive.

Étudiant d'abord les solutions d'acide nitrique, nous avons constaté l'existence d'un *minimum* très marqué de $[\Lambda]$ et de $[\Omega]$, qui semble correspondre exactement à la concentration $c = 19,7 \text{ NO}^3\text{H}$ ($d_{20} = 1,1026$), donc à la composition $\text{NO}^3\text{H} + 16\text{H}^2\text{O}$.

NO^3H . — Variation avec la concentration.

$d_{20/20}$	1,0721.	1,0915.	1,1227.	1,1670.	1,2437.	1,3553.	1,5191.
$\tau = cd$	12,67	16,03	20,90	27,28	39,23	56,44	99,45
$[\Lambda]_{\text{M. } 10^5}$	6,01	5,82	5,72	6,04	6,39	6,98	8,63
$[\Omega]_{\text{M. } 10^5}$	3,44	3,28	3,25	3,62	4,06	5,06	7,22

Mais le fait intéressant est celui-ci : *le minimum se retrouve dans les solutions de nitrates et correspond encore à la proportion de une molécule ou une demi-molécule saline pour 16 molécules d'eau, suivant qu'il s'agit d'un métal monovalent ou bivalent.*

Ce minimum a pu être observé pour les sels suivants :

	NO^3Na .	NO^3Am .	$(\text{NO}^3)_2\text{Ca}$.	$(\text{NO}^3)_2\text{Sr}$.	$(\text{NO}^3)_2\text{Mg}$.	$(\text{NO}^3)_2\text{Zn}$.	$(\text{NO}^3)_2\text{Cd}$.
$d_{20/20}$	1,1645.	1,0904.	1,1919.	1,2682.	1,1603.	1,2610.	1,3025.
$\tau = cd$	22,44	21,2	22,8	27,9	19,7	26,33	29,02
$[\Lambda]_{\text{M. } 10^5}$	9,76	16,62	14,82	19,26	13,40	18,92	25,98
$[\Omega]_{\text{M. } 10^5}$	6,40	12,00	7,57	10,76	6,67	10,05	15,90

Nous donnons seulement ici les nombres relatifs à des solutions dont les rotations sont *voisines* des minima respectifs (lus sur les courbes). Les solubilités des nitrates de K et de Ba sont insuffisantes pour permettre

(²) *Bull. Soc. Fr. de Phys.*, 443, 1940, p. 55-S; *Ann. de Phys.* 11^e série, 17, 1942, p. 360.

d'atteindre le minimum; la pente des courbes reste négative jusqu'à la saturation.

Conclusion évidente : *la variation de la rotation magnétique spécifique, ou mieux, de la rotativité, doit être attribuée à l'ion NO^3 ; le minimum a lieu quand chacun des ions, dans la solution, est moyennement entouré par 16 molécules d'eau.*

2. La rotation magnétique de SO^4H^2 diminue d'abord notablement avec la dilution, puis la décroissance s'arrête, et $[\Lambda]$ augmente ensuite faiblement, tandis que la *rotativité* $[\Omega]$ paraît devenir *constante* : la courbe présente un *coude*, suivi d'un palier quasi-horizontale d'ordonnée $[\Omega]_{\text{M}} = 9,90.10^{-5}$ (rad).

Le coude correspond à une concentration voisine de $c = 53$ ($d = 1,3095$), soit à la composition $\text{SO}^4\text{H}^2 + 8\text{H}^2\text{O}$, donc ici à un ion SO^4 pour 8 molécules d'eau. Les nombres toujours décroissants indiqués par Perkin pour les solutions étendues sont certainement erronés.

On n'observe pas de variations analogues dans les solutions de sulfates.

3. Les rotations magnétiques des hydracides halogénés (HCl , HBr , HI) ont une allure différente; elles *augmentent* d'abord considérablement avec la *dilution*, puis de plus en plus faiblement. Dans la plupart des solutions salines, les variations sont de même sens, mais beaucoup moins grandes; elles deviennent importantes pour des sels très solubles tels que CaCl^2 et CaBr^2 .

RADIOACTIVITÉ. — *Le spectre L de fluorescence du RaD.* Note (1) de MM. MARCEL FRILLEY et TSIEN SAN-TSIANG, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'analyse par diffraction cristalline du rayonnement γ du RaD a permis antérieurement d'enregistrer quelques raies d'origine nucléaire et le spectre de fluorescence K-83 qui les accompagne (2). Dans la région comprise entre 550 et 1250 U. X., dont l'étude a été poursuivie avec la même source et le même spectrographe (3), aucune raie γ d'origine nucléaire n'a été observée; les longueurs d'onde mesurées coïncident avec celles des principales raies du spectre L du Bi, isotope du RaE, dans les limites de précision des mesures (± 2 U. X.).

1. *Longueurs d'onde.* — Le tableau ci-après indique les raies du spectre L du Bi (4) auxquelles correspondent celles du spectre naturel du RaD (transformation $^{82}\text{RaD} \rightarrow ^{83}\text{RaE}$).

(1) Séance du 15 janvier 1945.

(2) FRILLEY, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 505.

(3) Le faisceau a été canalisé entre les pièces polaires d'un aimant permanent pour éliminer les rayons β . La dispersion utilisée est de 10 U. X./mm.

(4) Mlle CAUCHOIS, *Cahiers de Physique*, 7, 1942, p. 1.

Ra D.		L-Bi (*).		Ra D.		L-Bi (*).			
λ (U. X.)	Int. phot. est. vis.	Raie.	Émission.	λ (U. X.)	λ (U. X.)	Int. phot. est. vis.	Raie.	Émission.	λ (U. X.)
760....	?	γ_4	$L_I O_{III}$	759,35	937....	15	β_3	$L_I M_{III}$	936,64
788....	10	γ_3	$L_I N_{III}$	787,66	950....	100	β_1	$L_{II} M_{IV}$	950,05
		γ_6	$L_{II} O_{IV}$	788,86			β_2	$L_{III} N_V$	953,21
795....	?	γ_2	$L_I N_{II}$	794,05	975....	30	β_4	$L_I M_{II}$	974,91
810....	?	γ_1	$L_{II} N_{IV}$	811,48	1140....	60	α_1	$L_{III} M_V$	1141,54

2. *Intensités.* — La distribution des intensités dans les spectres L de fluorescence des radioéléments est différente de celle des spectres correspondants obtenus avec un tube à rayons X (Pb, Bi, Po, Ra etc.). En effet la répartition des excitations entre les 3 niveaux L dépend du mode d'ionisation mis en jeu (*):

1° Choc électronique externe (spectre L du Bi) : d'après Rosseland (*) on aurait les rapports :

$$L_I : L_{II} : L_{III} \rightarrow 22 \% : 23 \% : 55 \%$$

2° Conversion interne de rayons γ : a. d'énergie supérieure au niveau K : 15 % des quanta se convertissent directement dans L_I , 65 % convertis dans le niveau K donnent lieu à une excitation de L_{II} et de L_{III} consécutive à l'émission du spectre K. On a au total la répartition :

$$L_I : L_{II} : L_{III} \rightarrow 19 \% : 27 \% : 54 \%$$

b. d'énergie inférieure au niveau K : pour le rayonnement de 46,7 ekV du RaD, d'après les intensités des raies β secondaires, les excitations seraient distribuées ainsi (*):

$$L_I : L_{II} : L_{III} \rightarrow 90 \text{ à } 95 \% : 4 \text{ à } 6 \% : 1 \text{ à } 4 \%$$

Dans le cas du RaD, les rayons γ connus étant tous d'énergie inférieure à celle du niveau K (32 à 46,7 ekV), on peut déduire des données ci-dessus que, par rapport au groupe L_{II} , le groupe L_{III} doit avoir dans le spectre naturel une intensité réduite à 1/4 de celle qu'il présente dans le spectre L du Bi. Nos résultats sont en accord avec ces prévisions.

Par contre le facteur d'augmentation du groupe L_I (*) devrait atteindre 15 ou 20 alors qu'il ne semble pas, d'après nos clichés, dépasser 5.

(*) Cf. spectres L du RaB + C [HULUBEI et M^{lle} CAUCHOIS, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 39; VALADARES, *Rend. Accad. ital.*, (7), 2, 1940, XIX, p. 351].

Le niveau K étant unique, les spectres de fluorescence K des radioéléments ne présentent pas d'anomalies.

(*) *Phil. Mag.*, 45, 1923, p. 65.

(?) BLACK, *Proc. Roy. Soc.*, A, 109, 1925, p. 166; L. F. CURTISS, *Phys. Rev.*, 27, 1926, p. 257.

(*) Les intensités relatives à l'intérieur de chaque groupe ne semblent pas changées, mais la raie β_3 est absorbée sélectivement par le Pb (nitrate de Pb de la source) dont le niveau L_{III} se place à 948 U. X. entre β_3 et β_1 .

Dans l'ensemble, la répartition des intensités que nous observons confirme qualitativement les résultats obtenus par absorption sélective⁽⁹⁾, qui montrent que la plus grande partie de l'énergie est émise dans le spectre L naturel du RaD, au-dessus du niveau K de Se (12,7 eKV), alors que le spectre normal du Bi donnerait le résultat inverse. Mais, au point de vue quantitatif, on sait que le nombre de photons émis dans la région L (0,27 par désintégration) est beaucoup plus grand que celui qui résulterait de la conversion interne du rayonnement γ (moins de 0,04 par désintégration)⁽¹⁰⁾.

Cet écart, ainsi que l'anomalie d'intensité du groupe L, pourraient être dus à l'existence d'un rayonnement γ , d'énergie intermédiaire entre les niveaux L_I et L_{II} , qui se convertirait presque totalement dans les niveaux L_{II} et L_{III} en donnant lieu à l'émission de photoélectrons de très faible énergie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence du pH sur la composition et l'aspect physique des molybdates d'ammonium*. Note de M. HENRI GUITER, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons étendu aux molybdates d'ammonium la méthode de préparation des molybdates alcalins antérieurement décrite par nous⁽¹⁾; nous caractérisons les différents sels susceptibles de cristalliser lorsqu'on fait varier le pH de leur solution aqueuse. Nous avons réalisé de faibles valeurs de pH en ajoutant soit de l'acide chlorhydrique, soit de l'acide acétique à une solution de paramolybdate d'ammonium, et des valeurs élevées, en ajoutant de l'ammoniaque. Les valeurs du pH sont respectivement plus faibles que pour les solutions de molybdates de lithium, de sodium et de potassium. Ceci s'explique en milieu basique par le faible coefficient d'ionisation de l'ammoniaque, en milieu acide par le faible coefficient d'ionisation des sels d'ammonium, qui ne produisent pas une rétrogradation aussi considérable de l'ionisation des acides ajoutés.

La courbe de neutralisation obtenue en milieu chlorhydrique, en portant les pH en ordonnées et les centimètres cubes d'acide chlorhydrique en abscisses, présente deux points d'inflexion à tangente oblique; l'un correspondant au molybdate $MoO_3 \cdot (NH_4)^2O$ entre pH 7,6 et 8,8, l'autre au paramolybdate $12 MoO_3 \cdot 5(NH_4)^2O$ entre pH 3,5 et 5,8.

En milieu acétique, la courbe de neutralisation présente les deux mêmes points d'inflexion, mais celui qui correspond au paramolybdate se situe entre pH 5 et 5,8.

(9) TSIEN SAN-TSIANG, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 503.

(10) D'après Quang Tè Tchao, J. Surugue et Tsien San-Tsiang (*Comptes rendus*, 217, 1943, p. 535), le nombre des électrons L de conversion est 0,082 et celui des électrons L correspondant à l'émission des raies K est environ 0,01⁽⁸⁾. En outre le rendement de fluorescence pour le groupe L_I est inférieur à celui de l'ensemble du spectre L du Bi, dont la valeur est 0,402 (H. LAY, *Zeits. für Phys.*, 91, 1934, p. 533.)

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 587, 796.

La méthode de dosage volumétrique des molybdates par l'emploi de deux indicateurs peut donc théoriquement être utilisée en présence d'ions ammonium : les indicateurs à employer sont le rouge de méthyle, neutre au paramolybdate, et le rouge de crésol, neutre au molybdate normal. Mais l'obliquité des tangentes aux points d'inflexion rend l'opération peu précise.

Voici maintenant les conditions d'obtention des différents composés définis que nous avons pu isoler et analyser :

1° *En présence d'ions chlorhydriques*. — *a*. Pour les pH inférieurs à 0,3 nous obtenons, en deux mois, des cristaux de chlorure d'ammonium dans une eau mère extrêmement visqueuse.

b. De pH 0,3 à 1 il apparaît, en moins de deux jours, des octomolybdates, et, en un mois un décamolybdate ; pour pH 0,3, l'octomolybdate anhydre, $8 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}$, blanc mais bleuissant sous l'action de la lumière ; pour pH 0,9, l'octomolybdate hydraté $8 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 19 \text{ H}_2\text{O}$, blanc ; pour pH 0,9, le décamolybdate hydraté $10 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 4 \text{ H}_2\text{O}$, jaune clair.

c. De pH 2,6 à 3, il se dépose le tétramolybdate, produit cristallin blanc ; pour pH 2,6, le sel heptahydraté, $4 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 7 \text{ H}_2\text{O}$, après un jour, et le sel dihydraté, $4 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 2 \text{ H}_2\text{O}$, au bout d'un mois ; pour pH 3, le sel trihydraté $4 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 3 \text{ H}_2\text{O}$, en quinze jours.

d. De pH 3 à 5,9, se forme en un mois une masse blanche, d'aspect cotonneux, de trimolybdate $3 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}, 2 \text{ H}_2\text{O}$.

2° *En présence d'ions acétiques*. — *a*. De pH 2,2 à 3,5 nous obtenons, d'autant plus lentement que le pH est plus élevé, du tétramolybdate, $4 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}$, anhydre lorsque sa formation a été lente, dihydraté lorsqu'elle a été rapide.

b. De pH 3,7 à 5,9 apparaît le trimolybdate, $3 \text{ MoO}_3, (\text{NH}_4)^2\text{O}$, anhydre jusqu'à pH 4,6, dihydraté au-dessus de cette valeur du pH. Le sel anhydre a l'aspect de concrétions calcaires ; le sel hydraté est identique à celui que nous avons obtenu en milieu chlorhydrique.

3° *En milieu ammoniacal*. — *a*. De pH 6,2 à 6,4, dans des solutions de paramolybdate, il se forme, en un mois, de beaux cristaux incolores de paramolybdate $12 \text{ MoO}_3, 5 (\text{NH}_4)^2\text{O}$.

b. De pH 6,8 à 10,4, au sein de solutions ammoniacales, et dans l'atmosphère riche en ammoniac de dessiccateurs à potasse, il se dépose en deux mois de gros cristaux incolores de molybdate normal anhydre.

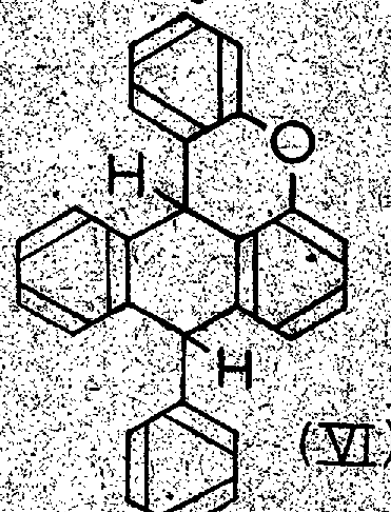
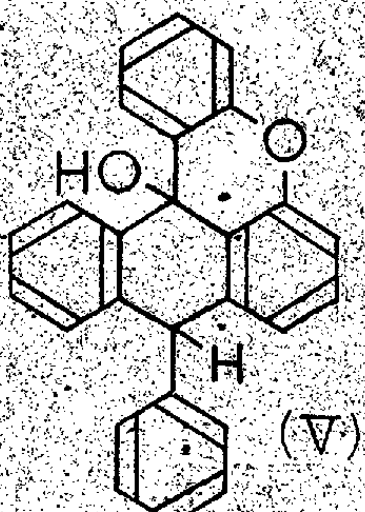
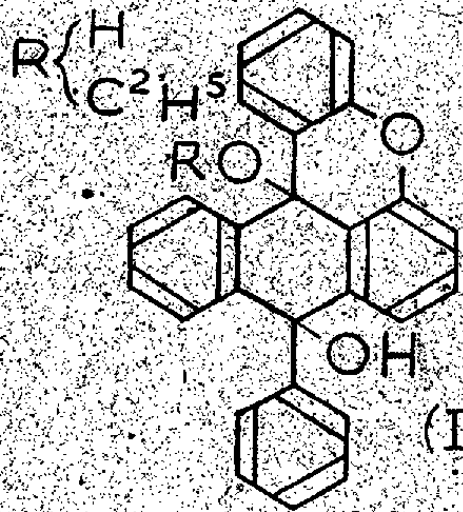
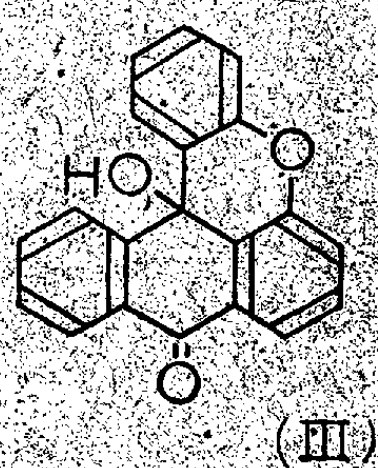
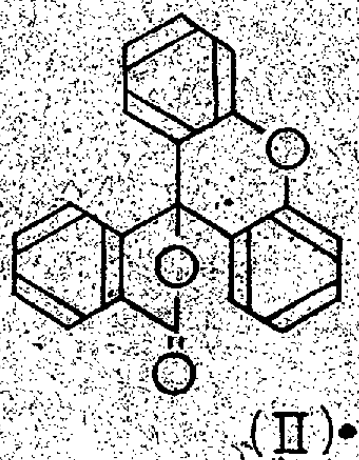
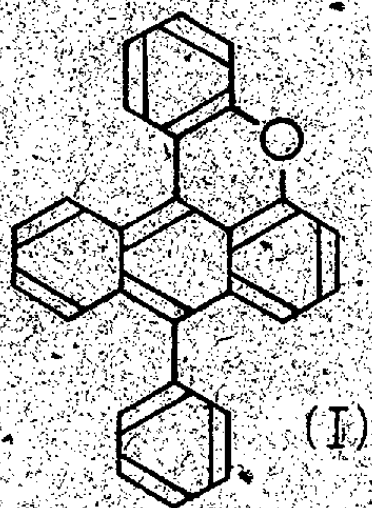
En définitive, les molybdates d'ammonium s'apparentent plutôt à ceux de potassium par l'allure des courbes de neutralisation, décelant l'existence en solution d'ions non pas tétramolybdiques (comme pour les sels de lithium et de sodium), mais bien paramolybdiques. En milieu très acide, il apparaît des molybdates acides à anions extrêmement condensés, et très peu solubles, aussi bien d'ammonium que de potassium.

Nous n'avons pu mettre en évidence la formation d'un molybdate d'ammonium de composition intermédiaire entre le paramolybdate et le molybdate normal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du phénylcœroxène.*

Note ⁽¹⁾ de MM. CHARLES DUFRAISSE et JEAN BAGET,
présentée par M. Marcel Delépine.

Le phénylcœroxène (I), nécessaire à une étude antérieure sur la photooxydation ⁽²⁾, a été préparé suivant Decker ⁽³⁾ (fus. inst. 208-209°, au lieu de 188°) en phénylant un éther du cœroxonol (III), formé lui-même par cyclisation du fluorane (II).



Signalons tout d'abord que ce dernier produit, le fluorane (II) ($C_{20}H_{12}O^2$) présente le phénomène de la double fusion. A la vérité les deux points de fusion sont rapprochés à l'extrême, puisqu'ils ne diffèrent que de 1 degré, soit 183-184° pour l'un, et 184-185° pour l'autre ⁽⁴⁾; néanmoins ils restent parfaitement

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ CH. DUFRAISSE et J. BAGET, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 474.

⁽³⁾ H. DECKER, *Lieb. Ann.*, 348, 1906, p. 210.

⁽⁴⁾ 180°, d'après R. MEYER et H. HOFFMEYER, *Ber. d. chem. Ges.*, 25, 1892, p. 1386, et R. MEYER, *Zeits. phys. Chem.*, 24, 1897, p. 489; 182°, d'après E. FERRARIO, *Gazz. Chim. Ital.*, 41, 1911, p. 9.

distincts pour une montée assez lente de la température du bloc Maquenne (la fusion étant prise instantanément, comme il se doit).

Ainsi que l'avait constaté Decker, la phénylation de l'éther éthylique du cœroxol (III) par le réactif de Grignard fournit directement le phénylcœroxène (I), au lieu du terme intermédiaire normal, qui serait le diquinol correspondant (IV) ou son éther monoéthylique. Le fait est à rapprocher de nos observations dans la série de l'anthracène et dans celle du naphtacène, où nous avons obtenu ainsi, directement, le produit de réduction du quinol (⁶); seulement nous obtenions toujours simultanément le quinol lui-même. Dans le cas présent, à côté des cristaux jaunes de phénylcœroxène, on obtient des cristaux incolores qui auraient pu être considérés *a priori* comme ceux du quinol. Ils n'avaient pas échappé à Decker, qui en avait annoncé l'étude ultérieure, mais n'a rien publié sur ce corps à notre connaissance.

Ni la composition centésimale, ni les caractères du produit ne le rapprochent d'un quinol. Nous lui avons attribué la formule (V) d'un hydroxydihydrocœroxène ($C^{26}H^{18}O^2$), résultant de la demi-réduction du quinol avec remplacement de l'un des deux oxhydrides par un atome d'hydrogène (combustion C % 86,18 et 86,41; H % 5,03 et 5,18; calculé pour $C^{26}H^{18}O^2$, C 86,16; H 5,01). A l'appui de cette constitution on peut citer l'éthérification par les alcools en présence d'acide sulfurique à 1 % : éther méthylique ($C^{27}H^{20}O^2$), fusion instantanée 282-283°; combustion C % 85,99; H % 5,81; calculé pour $C^{27}H^{20}O^2$, C 86,14; H 5,35; éther éthylique ($C^{28}H^{22}O^2$), fusion instantanée 323-324°. On aurait pu tout aussi bien admettre une formule isomère, où l'oxhydride et l'atome d'hydrogène seraient interchangeables, l'hydrogénation du quinol ayant porté sur l'autre sommet. Nous lui avons préféré la formule (V), à cause des phénomènes d'halochromie très intenses que présente le corps et qui sont communs à tous les dérivés du cœroxène portant un oxhydride dans la même position (coloration rouge intense par l'acide sulfurique).

Il y a cependant une objection à la constitution proposée : la formule (V) laisserait prévoir une déshydratation facile en phénylcœroxène (I). Or, contrairement à l'attente, cette réaction se fait mal, soit par chauffage simple, soit par action d'un déshydratant, tel que P^2O^5 . Nous admettons alors que les positions stériques de l'atome d'hydrogène et de l'oxhydride ne se prêtent pas à leur élimination simultanée; seul l'isomère stéréochimique serait facilement déshydratable. L'action du réactif de Grignard se produirait donc comme il suit : formation du diquinol (IV); réduction en deux monohydrures stéréoisomères (V), et enfin déshydratation de l'un d'eux, vraisemblablement l'isomère *cis*, en phénylcœroxène (I), l'autre isomère, vraisemblablement le *trans*, restant inchangé. Cette stabilité du monohydrure, dont nous n'avons pas

(⁶) Voir C. F. H. ALLEN et ALAN BEL, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2408.

trouvé l'analogie chez les nombreux autres corps anthracéniques étudiés par ailleurs, s'explique peut-être en partie par la cyclisation oxydique créant une rigidité défavorable à l'intraréaction deshydratante.

Le monohydrure (V) est en somme un triphénylcarbinol, il en présente l'halochromie, la réactivité avec les alcools; il devait dès lors être également facile à réduire par substitution d'un atome d'hydrogène à l'oxhydryle. C'est ce que nous avons constaté : le dihydrure (VI) ($C^{20}H^{18}O$) de phénylcœroxène se forme par action d'acide iodhydrique en présence de phosphore rouge ou, plus simplement, par ébullition en acide acétique avec de l'iodure et de l'hypophosphite. C'est un corps incolore, fondant instantanément à $232-233^{\circ}$ (combustion C % 89,64; H % 5,41; calculé pour $C^{20}H^{18}O$ C 90,14; H 5,23). Comme on le supposait, il ne présente pas le phénomène d'halochromie et ne colore pas l'acide sulfurique. Chauffé brusquement à l'air, ou en présence de litharge à 250° , il se déshydrogène partiellement en phénylcœroxène (I).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action de l'amide nicotinique sur les bacilles du genre Mycobacterium.* Note (*) de M. VITAL CHORINE, présentée par M. Émile Roubaud.

En poursuivant l'étude de l'influence des diverses vitamines sur l'évolution de la lépre murine, nous avons été surpris de constater que les Rats lépreux, traités avec des doses élevées de vitamine antipellagreuse, ne présentaient apparemment aucune lésion de la maladie.

Voici l'une de nos expériences, commencée le 21 juillet 1944. 10 Rats sont inoculés sous la peau de l'aîne droite avec un broyat de lépromes prélevé chez un animal infecté 65 jours auparavant. Cinq de ces animaux servent de témoins, cinq autres reçoivent 4 ou 5 fois par semaine, soit par voie sous-cutanée, soit par voie buccale, de l'amide nicotinique, d'abord à la dose de 0^s,30 et ensuite de 0^s,50 par kilogramme. Les Rats traités n'ont jamais présenté aucune lésion apparente de lépre. Les trois premiers Rats sont morts respectivement après 86 jours, 103 jours et 110 jours du traitement. Ils ont reçu respectivement les doses totales de médicament de 2^s,01, 2^s,56 et 2^s,71. Le 4^e et le 5^e Rat traités sont sacrifiés les 7 et 28 décembre 1944, le dernier donc plus de 5 mois après l'inoculation; ils ont reçu respectivement 3^s,76 et 4^s,61 de vitamine PP. Les résultats de l'autopsie de tous les animaux traités sont sensiblement identiques : on ne trouve chez eux aucune lésion de lépre. Les bacilles acido-résistants ont été rencontrés seulement au point d'inoculation, mais ils sont petits et souvent réduits à quelques granules. Les Rats témoins ont présenté l'évolution habituelle de la maladie, avec une formation de lépromes au point d'inoculation, au 3^e mois d'infection, et une généralisation de la maladie. Chez les deux derniers animaux sacrifiés

(*) Séance du 15 janvier 1945.

aussi les 7 et le 28 décembre 1944, les bacilles de Stefansky ont envahi déjà tous les organes internes et la totalité du système lymphatique, tandis que seule la conservation des germes au point d'inoculation permet de révéler l'inoculation des animaux traités. Cette persistance des germes n'a rien d'étonnant, car les bacilles acido-résistants, même saprophytes, inoculés à un animal non réceptif se conservent *in situ* grâce à leur enveloppe cireuse pendant de longs mois, et gardent leurs propriétés tinctoriales.

Les doses plus élevées d'amide nicotinique, telles que par exemple 1^g par kilogramme d'animal, exercent une action encore plus efficace.

En raison de la parenté du bacille lépreux et du bacille tuberculeux, nous avons également effectué des essais sur des Cobayes infectés avec la souche humaine du bacille tuberculeux. Les résultats de ces expériences sont les suivants : les animaux traités par injections sous-cutanées de nicotinamide, à raison de 0^g,50 par kilogramme, présentent un retard important dans l'évolution de la tuberculose, ceux traités à la dose de 1^g par kilogramme un arrêt presque complet de l'évolution de la maladie.

L'action vitaminique de l'amide nicotinique n'est pas en jeu ici, car, d'une part, l'action thérapeutique de l'acide nicotinique, doué d'une propriété vitaminique presque équivalente à celle de son amide, est presque nulle sur la lèpre du Rat; d'autre part les doses nécessaires pour influencer les infections dues aux *Mycobacterium* sont de beaucoup plus élevées que celles qu'il faut apporter pour saturer l'organisme au point de vue vitaminique.

L'action de l'amide nicotinique sur le bacille tuberculeux est aussi très nette *in vitro*; à la dose de 30^{mg} par 100^{cm}³ de milieu, la vitamine PP arrête le développement de ce germe pendant les trois premières semaines. Les doses plus élevées, de l'ordre de 200^{mg} par 100^{cm}³ de milieu, déterminent un arrêt définitif. L'acide nicotinique, inactif *in vivo*, possède *in vitro* sur les cultures du bacille tuberculeux une action inhibitrice à peine plus faible que son amide. Il est curieux de constater que l'action de l'amide nicotinique se limite aux bacilles acido-résistants : il est pratiquement sans action, *in vivo* ou *in vitro*, sur les germes tels que le staphylocoque, le pneumocoque, *B. coli*, *B. megaterium* etc.

En résumé 1° L'amide nicotinique utilisé à des doses élevées possède une action curative très nette dans la lèpre murine et dans la tuberculose du cobaye, action de beaucoup plus efficace que celle de tous les médicaments expérimentés jusqu'à présent. 2° Cette action n'est pas due à l'activité vitaminique de la substance. 3° L'action de l'amide nicotinique paraît être spécifique pour les bacilles du genre *Mycobacterium*, qui contiennent les germes redoutables de la lèpre et de la tuberculose. Les propriétés curatives de l'amide nicotinique laissent croire que ce produit n'est qu'une des substances, actives contre la tuberculose et la lèpre, d'une série thérapeutique nouvelle, série contenant probablement des corps doués d'une activité plus grande encore.

M. VSEVOLOD ROMANOVSKY adresse une Note intitulée *Contribution à l'étude de la perméabilité des sédiments meubles*.

A 16^h 15^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 35^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 20 novembre 1944.)

Note de M. *Robert Lennuier*, Analyse spectrale d'une onde amortie :

Page 514, inverser les renvois ⁽¹⁾ et ⁽²⁾ au bas de la page.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur MAURICE NICLOUX,
par M. MAURICE JAVILLIER.

Par le décès de M. MAURICE NICLOUX, survenu à Annecy le 5 janvier dernier, la Biochimie connaît un grand deuil, car à cette science il avait consacré le meilleur de sa vie, lui apportant d'importantes contributions, catalysant le mouvement qui entraînait vers elle les jeunes intelligences, rédigeant encore en ces derniers mois ses récentes acquisitions, donnant à ses idées longuement mûries leur définitive expression.

Né à Paris en 1873, Nicloux est, en 1893, Ingénieur de l'École de Physique et de Chimie Industrielles; peu après, Licencié ès Sciences; puis, en 1900, Docteur en Médecine et, en 1906, Docteur ès Sciences. Attaché dès la vingtième année comme préparateur à la Chaire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire Naturelle, il est, en 1899, Chef de Laboratoire, puis Agrégé de Chimie biologique à la Faculté de Médecine. Assistant au Muséum en 1908, il devient en 1919, quand l'Alsace retrouve sa place dans la Patrie française, titulaire de la Chaire de Chimie biologique de la Faculté de Médecine de Strasbourg.

Chimie biologique et Physiologie sont deux sciences si étroitement liées qu'il est difficile, et d'ailleurs sans intérêt, de dresser entre elles quelque limite précise. Les travaux de Nicloux, même lorsqu'il les classe sous la rubrique *Physiologie*, sont surtout d'inspiration chimique et ont requis, pour leur réalisation, des méthodes chimiques ou physicochimiques. Et c'est parce que Nicloux concentrait en lui la culture du physicien, du chimiste, du biologiste et du médecin qu'il a pleinement réussi.

A la base de presque tous ses travaux, l'on trouve l'institution de méthodes analytiques, disons mieux *microanalytiques*, car les biochimistes sont appelés à apprécier des substances qui souvent se trouvent dans les milieux physiologiques à l'état de grande dilution, et leurs prises d'essai ne peuvent être que restreintes. La microanalyse du carbone, du fer, de l'oxygène dissous, de

l'oxyde de carbone, du chloroforme et d'autres anesthésiques généraux, des alcools éthylique et méthylique, de l'aldéhyde formique, de l'urée etc. ont, entre ses mains, trouvé des réalisations élégantes et précises, moins peut-être dans les principes mêmes des techniques, que dans leur adaptation au but et la mise en œuvre d'un appareillage ingénieusement conçu et réalisé. Nicloux avait d'ailleurs vivement compris l'importance des méthodes microanalytiques pour le progrès des recherches chimiques en général; il avait institué, dans son Institut de Strasbourg, un enseignement de microanalyse qui fut suivi par maints chimistes français et étrangers, et il a inspiré à son collaborateur Welter la traduction française de l'ouvrage de Pregl.

Les recherches les plus nombreuses de Nicloux intéressent la physiologie et la biochimie animales. Dans l'impossibilité de toutes les relater, j'en résume trois parmi les plus dominantes.

Et d'abord ce qui a trait à la diffusion et à la combustion de l'alcool éthylique dans l'organisme. L'alcool, ingéré à l'état de dilution, diffuse rapidement. On le trouve dans tous les tissus, ainsi que dans la lymphe, la salive, la bile, le suc pancréatique, le liquide céphalorachidien, l'urine, le lait. Il passe de la mère au fœtus, déterminant un *alcoolisme congénital*. L'alcool est physiologiquement brûlé. Chez les poecilothermes, placés entre 0 et 30°, il l'est dans des conditions telles que, pour tout intervalle de température de 10°, la valeur de la combustion est doublée; la règle de van't Hoff se trouve respectée. Chez les homéothermes, à la neutralité thermique, la quantité d'alcool brûlé par gramme du poids d'animal et par heure est constante, quelle que soit la quantité d'alcool injectée.

Un des plus brillants travaux de Nicloux a trait à l'oxyde de carbone et à l'hémoglobine oxycarbonée. L'oxyde de carbone déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine; inversement l'oxygène déplace à son tour, mais plus difficilement, l'oxyde de carbone de la carboxyhémoglobine. En présence d'un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone, l'hémoglobine se lie à ces deux gaz suivant un équilibre qui obéit à la loi d'action des masses. L'hyperbole qui traduit cette loi relie la quantité d'oxyde de carbone contenue dans le sang à la quantité d'oxyde de carbone contenue dans l'atmosphère gazeuse. Un volume d'oxyde de carbone agit comme 240 volumes d'oxygène; au contact d'un mélange d'une partie d'oxyde de carbone et de 240 parties d'oxygène, il se forme 50 % d'hémoglobine oxycarbonée et 50 % d'oxyhémoglobine. Le *coefficient d'empoisonnement* par l'oxyde de carbone, soit le rapport de l'hémoglobine oxycarbonée à l'hémoglobine totale, est, chez l'homme, dans le cas d'intoxication mortelle, de 0,66, c'est-à-dire que la mort survient lorsque les 2/3 de l'hémoglobine de la masse sanguine sont bloqués à l'état de carboxyhémoglobine. L'intoxication oxycarbonée peut être combattue par inhalation d'oxygène pur, ce qui favorise le déplacement du gaz toxique et l'enrichissement du plasma en oxygène dissous.

Non moins classique est le travail de Nicloux sur le chloroforme et d'autres anesthésiques généraux. Le chloroforme pénètre à l'état de vapeur dans le poumon; le sang en fixe une partie; le chloroforme est transféré aux tissus, qui s'en imprègnent. On peut distinguer les doses qui correspondent à l'anesthésie, à l'anesthésie confirmée, à l'anesthésie mortelle. Les tissus fixent des quantités variables d'anesthésique, la quantité fixée étant fonction de leur richesse en lipides. Les globules sanguins renferment plus de chloroforme que le plasma; le chloroforme est partiellement décomposé dans l'organisme; son élimination n'est pas extrêmement rapide. Le tableau n'est pas sans analogie, mais avec des différences nettes en ce qui concerne la répartition et l'élimination, lorsqu'il s'agit de l'éther, du chlorure d'éthyle, du protoxyde d'azote, de l'éthylène.

Des autres travaux de Nicloux se rattachant à la biochimie animale, je ne citerai que les suivants :

Solubilité des gaz et vapeurs dans les milieux physiologiques. Mise en évidence de l'oxyde de carbone et du glycérol dans le sang. Origine possible de l'oxyde de carbone sanguin : l'oxydation du glucose en milieu phosphaté à pH 7,4. Excrétion du glycérol. Transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine et teneur en oxygène de celle-ci. L'acide cyanique n'est pas le précurseur physiologique de l'urée.

Nicloux avait touché avec même bonheur à la physiologie et à la biochimie végétales. Sa thèse de doctorat ès sciences s'intitule *Contribution à l'étude de la saponification des corps gras* et se rapporte à l'activité lipolytique du cytoplasme de la graine de Ricin. L'on sait que la graine germant s'acidifie et hydrolyse son huile en glycérol et acides gras. L'activité lipolytique est entièrement incluse dans le cytoplasme, que Nicloux arrive à isoler des autres éléments du contenu cellulaire par centrifugation en de certaines conditions. Ce cytoplasme a une activité remarquable. L'agent lipolytique est un *ferment soluble*. Curieux ferment soluble puisqu'il est, en fait, insoluble dans l'eau et même détruit par elle ! Je ne suis pas sûr que Nicloux ait, dès l'abord, pleinement réalisé que le réactif biologique mis en jeu est vraiment une *ase*, mais l'antagonisme qui est dans les mots *ferment soluble insoluble* avait séduit son esprit et dirigé son argumentation. Il a, au reste, pleinement reconnu que la substance active du cytoplasme se comporte par ailleurs exactement comme un agent diastasique.

Comme bien d'autres biochimistes, Nicloux s'est attaché à la question de l'aldéhyde formique chez les végétaux et il n'en a pu manifester la présence, malgré l'excellence de sa technique de dosage séparé de l'alcool méthylique et du formaldéhyde. La théorie de la synthèse chlorophyllienne des glucides, qui nous est restée longtemps si chère, ne trouvait dans ses constatations aucun point d'appui.

Les sols cultivés renferment une certaine quantité de carbone organique. Avant que l'on eût acquis la certitude que le véritable aliment carboné des

végétaux verts est l'anhydride carbonique atmosphérique, les agronomes attribuaient aux matières organiques un rôle important dans la nutrition carbonée. Bien que la question soit réglée dans ce qu'elle a d'essentiel, le carbone organique des sols conserve, à plus d'un égard, un grand intérêt agronomique. Sa détermination exacte a fait l'objet d'un de ces travaux minutieux et précis qui étaient dans les traditions de Maurice Nicloux. Sa méthode est encore une des meilleures que l'on puisse employer pour doser la *matière organique* des sols.

J'ai réservé pour la fin de ce rapide exposé la question de biochimie générale, qui a vivement préoccupé Maurice Nicloux dans ces dernières années, celle de *l'eau liée* des tissus. L'eau est un constituant prépondérant des êtres organisés; elle se rencontre chez eux sous divers états; pour une part elle manifeste ses propriétés solvantes habituelles, vis-à-vis de l'alcool par exemple; pour une autre part, non. Cette dernière part, c'est *l'eau liée*. Cherchant dans les faits de la Chimie générale les explications des faits biochimiques, Nicloux, suivant des conceptions apparentées à celles de notre Collègue M. Devaux, voit, dans les molécules des sels minéraux, des matières organiques, notamment des protéines en solutions concentrées, les agents de cette *liaison*. Nicloux a réuni sur cette question, qui éveillait en lui une curiosité passionnée, une documentation considérable. Cette documentation, nous ne la possédons pas encore intégralement. Elle est consignée dans un Ouvrage dont il achevait la rédaction et dont nous espérons que des mains pieuses assureront la parution.

Chercheur plein de foi et d'enthousiasme, professeur à la parole vibrante, nuancée et chaude, Maurice Nicloux a formé de nombreux élèves et des disciples qui l'honorent. Plusieurs occupent dès maintenant dans la Science une place éminente. Il savait créer autour de lui l'atmosphère qui soutient les courages, éveille les vocations, fait aimer la Science pour elle-même.

En 1914 manquait encore en France la Société susceptible de grouper les biochimistes, de leur rendre plus évidente leur personnalité, de recueillir et discuter amicalement leurs travaux, de les publier. La Société de Chimie biologique et son *Bulletin* sont nés de la volonté persévérante et du tact de Maurice Nicloux, aidé par une petite équipe de jeunes savants. Il lui a toujours témoigné une paternelle tendresse; il a créé un prix que la Société décerne avec l'espoir d'encourager chaque année une jeune vocation.

Membre associé de l'Académie de Médecine, Membre de diverses Sociétés savantes étrangères, il était, depuis 1936, Correspondant de l'Académie des Sciences pour sa Section de Chimie. Il eût été pleinement digne d'appartenir plus étroitement encore à notre Compagnie. Son mérite scientifique, son amour désintéressé de la connaissance, son dévouement à cette Université de Strasbourg dont il a eu la joie de voir poindre la libération, lui ont donné droit à notre particulière estime. Ses qualités morales, sa nature droite, affectueuse et généreuse lui ont assuré le fidèle attachement de ceux qui l'approchèrent et qui garderont pieusement sa mémoire.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **JULES RICHARD**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu à Monaco, le 24 janvier 1945.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une anomalie présentée par les gaz soumis à l'action de diverses causes ionisantes.* Note ⁽¹⁾ de MM. **GEORGES REBOUL** et **GÉRARD VASSAÏLS**.

Il a été précédemment signalé ⁽²⁾ que, lorsque de l'air a été soumis à l'action du rayonnement global d'une lampe à ultraviolet, on peut en extraire de gros ions et que, à partir du moment où l'insolation de l'air a cessé, le nombre des ions extraits commence d'abord par croître, passe par un maximum, puis diminue jusqu'à disparition totale, le gaz ne contenant plus alors que les charges dues à l'ionisation spontanée. Tout se passe en somme comme s'il persistait dans le gaz, après qu'il a été soumis à l'action de la lampe à vapeur de mercure, une cause ionisante qui produirait des ions de faible mobilité et s'évanouirait progressivement. Nous nous sommes proposé de rechercher quelle pouvait être cette cause et de voir si l'anomalie signalée était particulière à l'air et à la lumière ultraviolette.

Dans ce but l'expérience a d'abord été répétée avec le montage et les appareils utilisés précédemment. On a obtenu les mêmes résultats. Après que l'action de l'ultraviolet sur l'air a cessé, si l'on enlève, au moyen d'un champ convenable, les ions qui existent dans le gaz à ce moment-là, des ions réapparaissent progressivement; leur nombre croît, passe par un maximum, puis s'annule au bout de plusieurs minutes. L'action de la lumière ultraviolette semble avoir fait apparaître dans le gaz des germes sur lesquels se forment des ions, qui disparaissent ensuite par recombinaison.

L'explication la plus simple nous paraît se rattacher à un effet signalé il y a longtemps par M. Maurice de Broglie, qui l'a étudié dans sa Thèse ⁽³⁾. L'expérience lui a montré que, dans plusieurs circonstances d'ionisation des gaz, il se forme, en même temps que de gros ions de Langevin, des *centres neutres*, constitués par des conglomerats moléculaires à charge électrique nulle. Or ces centres neutres, en présence de petits ions, se transforment en gros ions de faible mobilité. C'est probablement ce qui se produit dans les expériences indiquées plus haut.

L'action de la lumière ultraviolette sur le gaz y produit des centres neutres qui continuent à persister quand on a drainé, par un champ électrique, toutes les charges qui s'y trouvaient. D'autre part l'ionisation spontanée, due au

⁽¹⁾ Séance du 22 mai 1944.

⁽²⁾ G. REBOUL, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2065.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 563.

rayonnement émis par les armatures métalliques de la cage d'ionisation, produit les petits ions nécessaires à la transformation des centres neutres en gros ions.

Ces gros ions se recombinaient moins vite que les petits ions qui leur ont donné naissance; leur nombre commence donc par croître, passe par un maximum et diminue progressivement à mesure que s'épuisent les centres neutres nécessaires à leur formation. Il arrive un moment où l'on ne peut plus extraire du gaz que les petits ions dus à l'ionisation spontanée.

L'anomalie observée serait en somme due au changement de nature subi par les ions de l'ionisation spontanée, qui, en présence des centres neutres se transforment en ions moins mobiles, se recombinaient moins facilement et disparaissant par suite plus lentement.

Si cette explication est valable, on doit retrouver cette même anomalie toutes les fois qu'un gaz est soumis à une cause ionisante qui fait apparaître en son sein de gros ions de Langevin et des centres neutres de de Broglie. C'est bien ce que l'expérience a permis de vérifier.

Elle a été faite avec des gaz récemment préparés par voie chimique ou ayant barboté dans des liquides convenables, avec des gaz issus d'une flamme ou d'un appareil à effluves, avec de l'air soumis à l'action de rayons X mous ou du rayonnement d'une cellule semiconductrice etc. Les résultats sont plus ou moins accusés suivant la source ionisante employée, mais ils ont tous même allure que dans le cas de la lumière ultraviolette. Seuls des rayons X assez durs (filtrés par une lame d'aluminium de quelques millimètres), ou les rayons X des substances radioactives n'ont rien donné et ne présentent pas l'effet, probablement parce qu'ils ne produisent pas de centres neutres.

Si l'on remplace l'air par du gaz carbonique, on obtient des résultats analogues. D'autre part, quand on modifie la cause de production des petits ions, par exemple en changeant la nature du métal formant la cage d'ionisation, l'anomalie change d'intensité : elle est plus marquée lorsque l'ionisation spontanée est plus grande; ainsi avec des appareils en étain elle est plus forte qu'avec des récipients en zinc. Elle est plus forte également si l'on augmente l'ionisation spontanée en approchant de la cage d'ionisation une substance faiblement radioactive.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. E. BOREL, CH. FABRY, L. DE BROGLIE, pour la Division des Sciences mathématiques; A. LACROIX, L. BLARINGHEM, A. CHEVALIER, pour la Division des Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J. J. Thomson.

CORRESPONDANCE.

L'ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE ROUEN adresse des remerciements à l'Académie pour la sympathie qu'elle lui a exprimée à l'occasion de la célébration de son deuxième Centenaire.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Délégation générale, au Levant, de la France combattante. Section géologique. *Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée*, par LOUIS DUBERTRET.

Id. *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2^e édition), par LOUIS DUBERTRET.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres premiers représentables par des polynômes du second degré*. Note (1) de M. GUY WORMSER, présentée par M. Élie Cartan.

Nous conservons les notations employées dans une Note précédente (2).

THEOREME 3. — *Si le polynôme $f_{n,p}(x)$ satisfait aux conditions du théorème 1, et si, q étant un nombre entier quelconque, $f_{n,p}(q)$ est premier avec chacun des nombres $f_{n,p}(0), f_{n,p}(1), \dots, f_{n,p}(q-2), f_{n,p}(q-1)$, il est premier absolument.*

Démonstration. — Si $q < z_{n,p}$, le théorème est immédiat. Supposons $q > z_{n,p}$ et que $f_{n,p}(q)$, premier avec chacun des nombres $f_{n,p}(0), f_{n,p}(1), \dots, f_{n,p}(q-2), f_{n,p}(q-1)$, soit un nombre composé. Puisque $q > z_{n,p}$, on a

$$4q^2 - f_{n,p}(q) > 0.$$

Donc $f_{n,p}(q)$ admet un diviseur $d < 2q$. Mais alors la congruence

$$f_{n,p}(q) \equiv 0 \pmod{d}$$

entraîne

$$f_{n,p}(q-d) \equiv 0 \pmod{d} \quad \text{et} \quad f_{n,p}(d-q-1) \equiv 0 \pmod{d}.$$

On aboutit donc à un résultat contradictoire avec l'hypothèse de $f_{n,p}(q)$ premier avec tous les nombres $f_{n,p}(x)$ ($0 \leq x \leq q-1$). Le théorème est donc démontré.

Remarque. — La congruence du second degré $f_{n,p}(x) \equiv 0 \pmod{f_{n,p}(h)}$ admet les deux solutions

$$x \equiv h + Af_{n,p}(h), \quad x \equiv -h-1 + Af_{n,p}(h) \quad (A, \text{ entier, positif ou nul}).$$

(1) Séance du 30 octobre 1944.

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 241. M. Krasner m'a fait bénéficier de plusieurs remarques.

- L'inspection de ces formules montre que la congruence ne peut être satisfaite par aucun nombre x de l'intervalle $0 \leq x < p-1$ autre que h .

Le théorème et la remarque qui précèdent facilitent l'extension du théorème 1.

THÉOREME 4. — Si $f_{n,p}(x)$ satisfait aux conditions du théorème 1, $f_{n,p}(x)$ est un nombre premier pour tout nombre entier x tel que $Z_{n,p} < x < p-1$.

Démonstration. — Soit q le plus petit entier de l'intervalle $(Z_{n,p}, p-1)$ tel que $f_{n,p}(q)$ soit composé. En vertu du théorème 3, $f_{n,p}(q)$ admet un diviseur commun avec un des nombres $f_{n,p}(0), f_{n,p}(1), \dots, f_{n,p}(q-1)$. Mais ces nombres sont tous premiers et tous plus petits que $f_{n,p}(q)$.

Donc $f_{n,p}(q)$ est multiple d'un nombre $f_{n,p}(h)$ ($0 \leq h \leq q-1$). Mais alors la congruence $f_{n,p}(x) \equiv 0 \pmod{f_{n,p}(h)}$ est satisfaite pour deux nombres entiers positifs de l'intervalle $[0, p-1]$, ce qui, en vertu de la remarque faite plus haut, est impossible. Le théorème est donc démontré.

Dans une étude dont nous avons eu récemment connaissance ⁽³⁾, l'auteur, s'appuyant sur l'existence de nombreuses remarques empiriques, exprime l'avis qu'il existe des suites semblables l'une aux autres dans la série des nombres premiers.

REMARQUE. — La fréquence des nombres premiers dans les suites $f_{n,p}(x)$ correspondant aux diverses valeurs possibles pour p pourrait être en rapport direct avec le logarithme de p .

GÉOMÉTRIE. — Sur les tenseurs à dérivées covariantes nulles.

Note de M. PIERRE SAMUEL, présentée par M. Élie Cartan.

D'après le théorème de Ricci, les dérivées covariantes du tenseur métrique $g_{\alpha\beta}$ d'un espace de Riemann sont nulles. Nous allons chercher s'il existe d'autres tenseurs à dérivées covariantes nulles. Nous utiliserons les notations de M. Schouten ⁽¹⁾. Nous étudierons un tel tenseur sous la forme mixte b_{α}^{β} , et nous supposerons, ce qui est vrai en général, que ce tenseur est réductible à la forme diagonale $s \delta_{\alpha}^{\beta}$.

Il faut alors

$$\nabla_{\gamma} b_{\beta}^{\alpha} = \delta_{\beta}^{\alpha} \partial_{\gamma} s + (s_{\beta} - s_{\alpha}) \Gamma_{\gamma\beta}^{\alpha}$$

d'où

$$s = \text{const.} \quad \text{et} \quad \Gamma_{\gamma\alpha}^{\beta} = 0 \quad \text{si} \quad s_{\beta} \neq s_{\alpha}.$$

Si λ, μ, ν sont les directions relatives à une valeur propre s , et a, b, c les autres,

$$\Omega_{\lambda\mu}^a = \Gamma_{\lambda\mu}^a - \Gamma_{\mu\lambda}^a = 0 \quad \text{et} \quad \Omega_{ab}^{\lambda} = 0.$$

Les deux systèmes $\partial_{\lambda} f = 0$ et $\partial_a f = 0$ sont donc complets et nous pourrions

⁽³⁾ PIERRE POIRIER, *Le hasard et les nombres premiers*, Paris, 1943.

⁽¹⁾ *Einführung in die neueren Methoden der Differentialgeometrie*, Groningen, 1935.

prendre un repère holonome dont les premiers axes sont des directions propres relatives à s , les autres dans le sous-espace des autres directions propres. Par applications répétées, nous obtiendrons un repère holonome formé de directions propres de b_α^β . Tout ceci est valable pour un espace à connexion affine sans torsion.

Si $b_{\alpha\beta} = g_{\alpha\sigma} b_\beta^\sigma$ est symétrique, les directions propres relatives à deux valeurs propres distinctes sont orthogonales, $g_{\alpha\lambda} = 0$. On en déduit

$$\partial_\alpha g_{\lambda\mu} = g_{\lambda\alpha} \Gamma_{\alpha\mu}^\alpha + g_{\mu\alpha} \Gamma_{\alpha\lambda}^\alpha = 0.$$

Le ds^2 est décomposé en une somme d'éléments linéaires indépendants

$$ds^2 = d\sigma_1^2 + \dots + d\sigma_k^2, \\ b_{\alpha\beta} du^\alpha du^\beta = s_1 d\sigma_1^2 + \dots + s_k d\sigma_k^2.$$

Ce problème est équivalent à celui des multivecteurs stables (voir É. Cartan, *Géométrie des espaces de Riemann*, p. 54). Nous retrouvons le théorème énoncé dans cet Ouvrage.

Dans le cas général nous dirons que deux indices relatifs à une même valeur propre sont de même genre. $\Gamma_{\alpha\beta}^\gamma$ est nul dès qu'il a deux indices de genres différents (car $\Gamma_{\alpha\beta}^\gamma = \Gamma_{\beta\alpha}^\gamma$). Considérons les relations

$$(1) \quad \partial_\alpha g_{\beta\gamma} = g_{\beta\alpha} \Gamma_{\alpha\gamma}^\alpha + g_{\gamma\alpha} \Gamma_{\alpha\beta}^\alpha,$$

qui sont équivalentes aux expressions des Γ en fonction des g . On déduit de la nullité des $\Gamma_{\alpha\lambda}^\alpha$ que $g_{\lambda\mu}$ ne dépend que des u^λ , et $g_{\lambda\alpha}$ que des u^α et des u^λ . Considérons maintenant le système, déduit de (1),

$$(2) \quad \partial_\lambda g_{\mu\alpha} = g_{\mu\alpha} \Gamma_{\lambda\mu}^\alpha = g_{\nu\alpha} \Gamma_{\lambda\mu}^\nu.$$

Considérons d'abord une valeur propre correspondant aux indices λ, μ, ν, ρ , telle que $|g_{\lambda\mu}| \neq 0$, et, si $|g_{\lambda\mu}| = 0$, l'ensemble de la valeur propre et de sa conjuguée, ce qui détermine un sous-espace réel, donc tel que $|g_{\lambda\mu}| \neq 0$. En tous cas on déduit par résolution de (1) que les $\Gamma_{\lambda\mu}^\nu$ ne dépendent que des u^λ [car $g_{\nu\rho} \Gamma_{\lambda\mu}^\nu = (1/2)(\partial_\lambda g_{\mu\nu} + \partial_\mu g_{\lambda\nu} - \partial_\lambda g_{\mu\nu})$]. Le système $\partial_\lambda p_\mu = p_\nu \Gamma_{\lambda\mu}^\nu$ a des solutions linéairement indépendantes $p_\mu(u^2)$ qui sont stables et seront prises pour premiers vecteurs de coordonnées.

$$g_{\lambda\mu} du^\lambda du^\mu = (du^1)^2 + \dots + (du^k)^2 + d\sigma^2;$$

(2) a alors pour solution $g_{\mu\alpha} = \sum_i A_i(u^2) p_{\mu i}$. Pour une direction ρ du $d\sigma^2$: $g_{\rho\alpha} = 0$ car, $p_\rho = 0$.

Pour les directions des vecteurs stables $g_{\alpha\mu}$ est indépendant des u^μ , car p_μ ne prend que les valeurs 0 et 1. En le regardant par les deux bouts nous voyons

que $g_{\lambda a}$ est constant et n'est différent de zéro que si les directions λ et a sont stables. D'où une décomposition du ds^2 :

- 1° les directions stables donnant un ds^2 euclidien;
- 2° des groupes de directions telles que $|g_{\lambda\mu}| \neq 0$ et relatives à une même valeur propre;
- 3° des directions relatives à deux valeurs propres conjuguées s et \bar{s} .

Seules ces dernières donnent quelque chose de nouveau. Soient λ, μ, \dots les directions relatives à s ; $\bar{\lambda}, \bar{\mu}, \dots$ celles relatives à \bar{s} . On a $|g_{\lambda\mu}| = 0$ et nous pouvons supposer ce déterminant formé exclusivement de zéros, car, avec un repère convenable (que l'on montre être holonome), une partie des directions coordonnées se comporte comme si elle était à déterminant non nul et peut donc être éliminée par décomposition du ds^2 . Donc $g_{\lambda\mu} = g_{\bar{\lambda}\bar{\mu}} = 0$. Les conditions $\Gamma_{\lambda\mu}^{\nu} = \Gamma_{\bar{\lambda}\bar{\mu}}^{\nu} = 0$ sont toujours vérifiées. On a aussi $\Gamma_{\lambda\bar{\mu}}^{\nu} = \Gamma_{\bar{\lambda}\mu}^{\nu} = 0$ si $n = 2$. En général elles impliquent

$$\partial_{\lambda} g_{\bar{\mu}\nu} - \partial_{\bar{\mu}} g_{\lambda\nu} = 0, \quad \partial_{\lambda} g_{\bar{\mu}\nu} - \partial_{\bar{\mu}} g_{\lambda\nu} = 0,$$

ce qui se résout par $g_{\lambda\bar{\mu}} = \partial_{\lambda\bar{\mu}} H$.

Les composantes de b sont alors

$$b_{\lambda}^{\mu} = s \delta_{\lambda}^{\mu}, \quad b_{\bar{\lambda}}^{\bar{\mu}} = \bar{s} \delta_{\bar{\lambda}}^{\bar{\mu}}, \quad b_{\lambda}^{\bar{\mu}} = 0, \quad b_{\bar{\lambda}}^{\mu} = 0, \quad b_{\lambda\mu} = b_{\bar{\lambda}\bar{\mu}} = 0, \quad b_{\lambda\bar{\mu}} = s g_{\lambda\bar{\mu}}, \quad b_{\bar{\lambda}\mu} = \bar{s} g_{\bar{\lambda}\mu}.$$

La fonction H doit être à valeurs réelles si l'espace est réel. Une variété de translation engendrée au moyen de deux variétés totalement isotropes de l'espace euclidien (variété qui généralise les surfaces minima et a ses courbures principales deux à deux opposées) a un ds^2 de ce type. Il en est de même des métriques intrinsèques introduites par S. Bergmann dans les domaines bornés de l'espace de p variables complexés, comme me l'a fait remarquer M. Elie Cartan. Il m'a aussi indiqué que l'on pouvait traiter le cas où le tenseur b est antisymétrique par des considérations sur les formes différentielles extérieures.

AÉRODYNAMIQUE. — Sur une mécanique des fluides compressibles basée sur le remplacement du champ de vitesse par le champ de quantité de mouvement.

Note (1) de M. **ROBERT SILBER**, présentée par M. Henri Villat.

Les théories de l'aérodynamique basées sur l'hypothèse d'incompressibilité apparaissent d'une approximation de plus en plus arbitraire à mesure que l'aviation progresse. Nous avons proposé de nous libérer de cette servitude en remplaçant la considération du champ de vitesse par celle d'un champ de quantité de mouvement. Le remplacement de $\text{div } \vec{V} = 0$ par $\text{div } \rho \vec{V} = 0$ n'a pas besoin de justification. Celui de $\text{rot } \vec{V} = 0$ par $\text{rot } \rho \vec{V} = 0$ est plus délicate.

(1) Séance du 10 juillet 1944.

1° La principale justification de l'irrotationnalité et du tourbillon classique est la justification mécanique de Stokes. Si nous imaginons une sphère fluide infiniment petite que l'on solidifie brusquement en anéantissant le fluide extérieur, elle prendra une vitesse de rotation instantanée égale (à la limite si le rayon tend vers zéro) au vecteur tourbillon. Ce résultat suppose *implicitement* que le fluide est incompressible, et le calcul rigoureux fait apparaître *non le tourbillon des vitesses* mais le *tourbillon des quantités de mouvement*.

Le calcul classique considère la masse spécifique comme constante et égale à la valeur au centre, ρ , et remplace les composantes des vitesses par leurs développements en séries, arrêtés au premier ordre. Le calcul rigoureux remplacera les fonctions ρ', u', \dots par leurs développements en séries

$$\rho' u' = \rho u + h \frac{\partial \rho u}{\partial x} + k \frac{\partial \rho u}{\partial y} + l \frac{\partial \rho u}{\partial z} + \dots,$$

ce qui nous donne, comme projection du moment cinétique sur l'axe des x ,

$$\iiint \left[k \left(\rho \omega + h \frac{\partial \rho \omega}{\partial x} + \dots \right) - l \left(\rho v + h \frac{\partial \rho v}{\partial x} + \dots \right) \right] d\tau = \frac{4}{3} \frac{\pi R^5}{5} \left[\frac{\partial \rho \omega}{\partial z} - \frac{\partial \rho v}{\partial z} \right],$$

soit un moment cinétique

$$\frac{8}{3} \frac{\pi R^5}{5} \times \frac{1}{2} \overrightarrow{\text{rot} \rho \mathbf{V}}.$$

Le moment d'inertie de la sphère, *non homogène*, par rapport à l'axe des x ,

$$\begin{aligned} I_x &= \iiint (k^2 + l^2) \rho' d\tau = \iiint (k^2 + l^2) \left(\rho + h \frac{\partial \rho}{\partial x} + \dots \right) d\tau \\ &= \iiint (k^2 + l^2) \rho d\tau = \frac{8}{3} \frac{\pi R^5}{5} \rho = I_x = I_y = I_z, \end{aligned}$$

est égal, aux termes du deuxième ordre près en h, k, l , au moment d'inertie de la sphère supposée homogène et de masse spécifique ρ . Le moment cinétique

$$\frac{1}{\rho} \frac{1}{2} \overrightarrow{\text{rot} \rho \mathbf{V}}$$

doit se conserver après solidification. Par conséquent la sphère prendra un mouvement de rotation caractérisé par une quantité de mouvement instantanée de rotation, dont la valeur tend vers la valeur du tourbillon des quantités de mouvement au centre de la sphère. Nous pouvons opposer, à la décomposition classique des vitesses, une décomposition des quantités de mouvement

$$(\rho \mathbf{V})' = (\rho \mathbf{V}) + \frac{1}{2} \overrightarrow{\text{rot}(\rho \mathbf{V})} \wedge \overrightarrow{\text{MM}'} + \text{grad } \Phi.$$

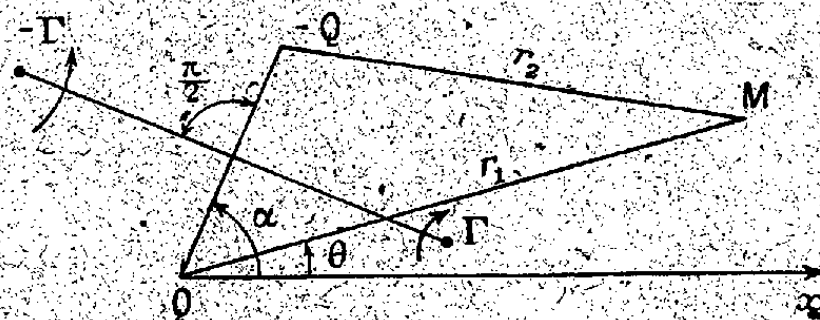
2° Limitons-nous au cas de l'écoulement plan. Tout écoulement est constitué par la superposition d'écoulements simples : sources, doublets, tourbillons. Nous allons établir, par un raisonnement de bon sens, la forme analytique de

l'écoulement d'une source, puis en combinant deux sources, celle du doublet et ensuite, à partir du doublet, celle du tourbillon.

Par raison de symétrie, la vitesse radiale et la masse spécifique ne dépendent que de la distance r . On doit retrouver le débit en masse Q de la source comme flux en masse à travers une courbe fermée entourant une fois le centre

$$Q = \int_0^{2\pi} \rho(r) V(r) r d\theta = 2\pi r \rho(r) V(r), \quad \text{d'où } (\rho V) = \frac{Q}{2\pi r}.$$

La quantité de mouvement dépend d'un potentiel $\varphi = (Q/2\pi) \log r$, ayant



même expression formelle que le potentiel des vitesses dans le cas du fluide incompressible, le débit en masse Q ayant remplacé le débit en volume.

Le doublet aura un potentiel des quantités de mouvement

$$\varphi = \frac{Q}{2\pi} (\log r_1 - \log r_2) = \frac{Q}{2\pi} \frac{\varepsilon \cos(\alpha - \theta)}{r_2} \rightarrow \frac{m \cos(\alpha - \theta)}{r}, \quad \text{si } \frac{Q}{2\pi} \varepsilon \rightarrow m.$$

Le tourbillon ponctuel produit un champ tel que la vitesse, perpendiculaire au rayon vecteur, et la masse spécifique ne dépendent que du rayon. Deux tourbillons de signes contraires et d'intensités égales tendant l'un vers l'autre dans la direction $\alpha + (\pi/2)$, doivent redonner le doublet. Le tourbillon dérivera donc d'un potentiel de quantité de mouvement

$$\varphi = A\theta = \frac{\Gamma}{2\pi} \theta, \quad \text{avec } \Gamma = \int_c \rho V ds = \int_c \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \theta} ds = \int_c d\varphi = 2\pi A,$$

ayant la même expression formelle que dans le cas du fluide incompressible.

Nous sommes donc conduit à substituer la quantité de mouvement à la vitesse, le flux en masse au flux en volume, la circulation des quantités de mouvement à la circulation des vitesses. Aux relations vectorielles fondamentales $\text{div } \vec{V} = 0$, $\text{rot } \vec{V} = 0$, se substituent les relations fondamentales nouvelles, $\text{div } \rho \vec{V} = 0$, $\text{rot } \rho \vec{V} = 0$, permettant l'utilisation des fonctions harmoniques, des fonctions analytiques, de la représentation conforme et par conséquent une transposition complète, libérée de l'hypothèse d'incompressibilité.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la connexion aléatoire d'un fluide.*

Application à la turbulence. Note de MM. JEAN BASS, GEORGES DEDEBANT et PHILIPPE WEHRLÉ, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré ⁽¹⁾ comment à tout vecteur aléatoire $X(t)$ admettant une dérivée aléatoire $U(t)$ en moyenne quadratique, on pouvait faire correspondre une densité et un champ de vitesses aléatoires. Si le vecteur vitesse $U(t)$ est lui-même dérivable, le champ de vitesses vérifie des équations hydrodynamiques et thermodynamiques dans lesquelles les grandeurs physiques classiques (vitesse d'ensemble, tensions, entropie, température, conduction *calorifique*) ont une interprétation purement statistique, sans autres hypothèses abstraites ou concrètes que la double dérivabilité.

Nous nous proposons d'élargir ce point de vue. Nous supposons qu'on ait défini les vecteurs position $X(t)$ et vitesse $U(t)$ d'un corpuscule aléatoire ⁽²⁾. Pour caractériser le vecteur aléatoire $V(t)$ à 6 dimensions ayant pour composantes $X_K(t)$, $U_K(t)$, il ne suffit pas de se donner la densité de probabilité de ses 6 composantes à l'instant t . Il est indispensable d'introduire les vecteurs successifs $V(t_1)$, $V(t_2)$, ..., $V(t_n)$ correspondant à n instants distincts. Ces vecteurs ne sont pas indépendants; il existe entre eux une dépendance stochastique (corrélation).

Nous appelons connexion la corrélation entre les valeurs d'une fonction aléatoire en deux instants successifs. Le coefficient de connexion joue un rôle essentiel dans la théorie des fonctions aléatoires. Nous allons étudier ici les diverses lois de probabilité qu'engendre la loi de probabilité générale des 12 composantes des vecteurs $V(t_1)$ et $V(t_2)$.

Soit $G(x, y, u, v; t_1, t_2)$ la loi de probabilité des positions et des vitesses aux instants t_1 et t_2 .

a. *Les lois corpusculaires* s'obtiennent à partir de G par application du théorème des probabilités totales :

1° loi de probabilité $g(x, y; t_1, t_2) = \int G du dv$ des positions seules aux deux instants t_1, t_2 ;

2° loi de probabilité $F(x, u; t) = \int G dy dv$ de la position et de la vitesse à l'instant t ;

3° loi de la probabilité $\rho(x, t) = \int g dy = \int F du$ de la position seule à l'instant t .

b. *Les lois de champ* s'obtiennent par application du théorème des proba-

⁽¹⁾ G. DEDEBANT, J. MOYAL et PH. WEHRLÉ, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 243.

⁽²⁾ Nous n'avons pas ici à supposer que la vitesse soit dérivable, ni même qu'elle soit la dérivée aléatoire de la position.

bilités composées. Ce sont des lois liées de vitesse, une fois choisies les positions correspondantes. Nous citerons les suivantes :

1° loi de probabilité liée $\mathcal{F}(u, v | x, y, t_1, t_2) = G/g$ des vitesses aux instants t_1, t_2 , une fois connues les positions à ces deux instants;

2° loi de probabilité liée $f(u | x, t_1) = F/\rho$ de la vitesse à l'instant t_1 , une fois connue la position x à cet instant.

c. Les *lois de passage* sont encore des lois de probabilité liées, mais d'une autre nature. La plus simple (dont le rôle est bien connu dans la théorie des probabilités en chaîne par exemple) est la loi de probabilité $P(y | x, t_1, t_2)$ de la position y à l'instant t_2 , une fois connue la position x à l'instant t_1 .

La loi P correspond à une réalité physique. Elle définit la distribution, à l'instant t_2 , de celles des particules du fluide représentatif qui, à l'instant t_1 , passaient au voisinage d'un point x . Ces particules constituent un sous-corpuscule réparti dans le corpuscule complet avec une densité propre P . L'expérience qui permet de définir P est *toute différente* de celle qui consisterait à modifier le mouvement naturel du fluide pour le faire passer par un orifice de position x à l'instant t_1 et à étudier ensuite sa répartition statistique à l'instant t_2 . Il s'agirait toujours là du fluide global et de sa densité ρ , $\rho(t_1)$ étant la loi de probabilité dégénérée d'une variable qui cesse provisoirement d'être aléatoire.

Relations entre les diverses lois de probabilité. — On voit que

$$G = \mathcal{F} P \rho, \quad f = \int \mathcal{F} P dy dv.$$

Application à la turbulence. — Nous avons interprété⁽³⁾ en langage aléatoire le tenseur de corrélation de Karman et nous avons montré que la définition de la turbulence exigeait l'introduction d'autres tenseurs. Nous pouvons maintenant justifier et préciser définitivement notre point de vue.

Représentons le fluide turbulent par un corpuscule aléatoire et décrivons-le par la fonction $G(x, y, u, v, t_1, t_2)$. La formule $G = \mathcal{F} P \rho$ montre que la turbulence est définie par :

a. la loi de probabilité de présence $\rho(x, t_1)$ du corpuscule ou densité du fluide;
b. la loi de probabilité de *champ* $\mathcal{F}(u, v | x, y, t_1, t_2)$, qui contient en particulier les tenseurs de corrélation dans l'espace (tenseur de Karman) et dans le temps. La fonction \mathcal{F} correspond *au point de vue d'Euler*;

c. la loi de probabilité de *passage* P , qui correspond *au point de vue de Lagrange* et représente la diffusion du fluide en lui-même.

Nous avons montré⁽²⁾ que l'ensemble des équations mécaniques d'un fluide n'en réalisait qu'une description incomplète, et qu'un premier progrès dans la représentation mathématique d'un fluide était d'introduire la loi de probabilité de champ $f(u | x, t)$. Ce point de vue était encore trop restreint,

⁽³⁾ G. DEDEBANT et Ph. WEHRLÉ, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 625.

puisque'il ne tenait pas compte de la *connexion dans le temps*. Nous savons maintenant rattacher les idées de Taylor et von Karman à un concept plus général et plus précis, grâce auquel nous pouvons énoncer et définir avec précision tous les éléments statistiques qui sont *a priori* indispensables pour connaître un fluide turbulent.

AÉRODYNAMIQUE. — Sur le coefficient de résistance d'un cylindre circulaire d'envergure infinie dans un écoulement turbulent rapide. Note ⁽¹⁾ de M. Louis VIAUD, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons déterminé la résistance d'un cylindre par intégration des pressions le long d'un cercle, section droite d'un cylindre circulaire de 3^{mm} de diamètre traversant un canal de 60^{mm}.

Les mesures de pression étaient obtenues par rotation d'un orifice de 5/10 de millimètre pratiqué dans les parois du cylindre.

La vitesse du courant d'air a varié de 65 à 200 m/s. La turbulence était créée par des grillages placés à 24^{cm} en amont du cylindre (4 fois le diamètre du canal).

Le coefficient de résistance C_x était donné par la relation

$$C_x = \frac{R_x}{\frac{\rho}{2} S V^2},$$

V , vitesse de référence (vitesse dans la section expérimentale en l'absence d'obstacles);

S , surface de référence;

ρ , masse spécifique de l'air dans la veine.

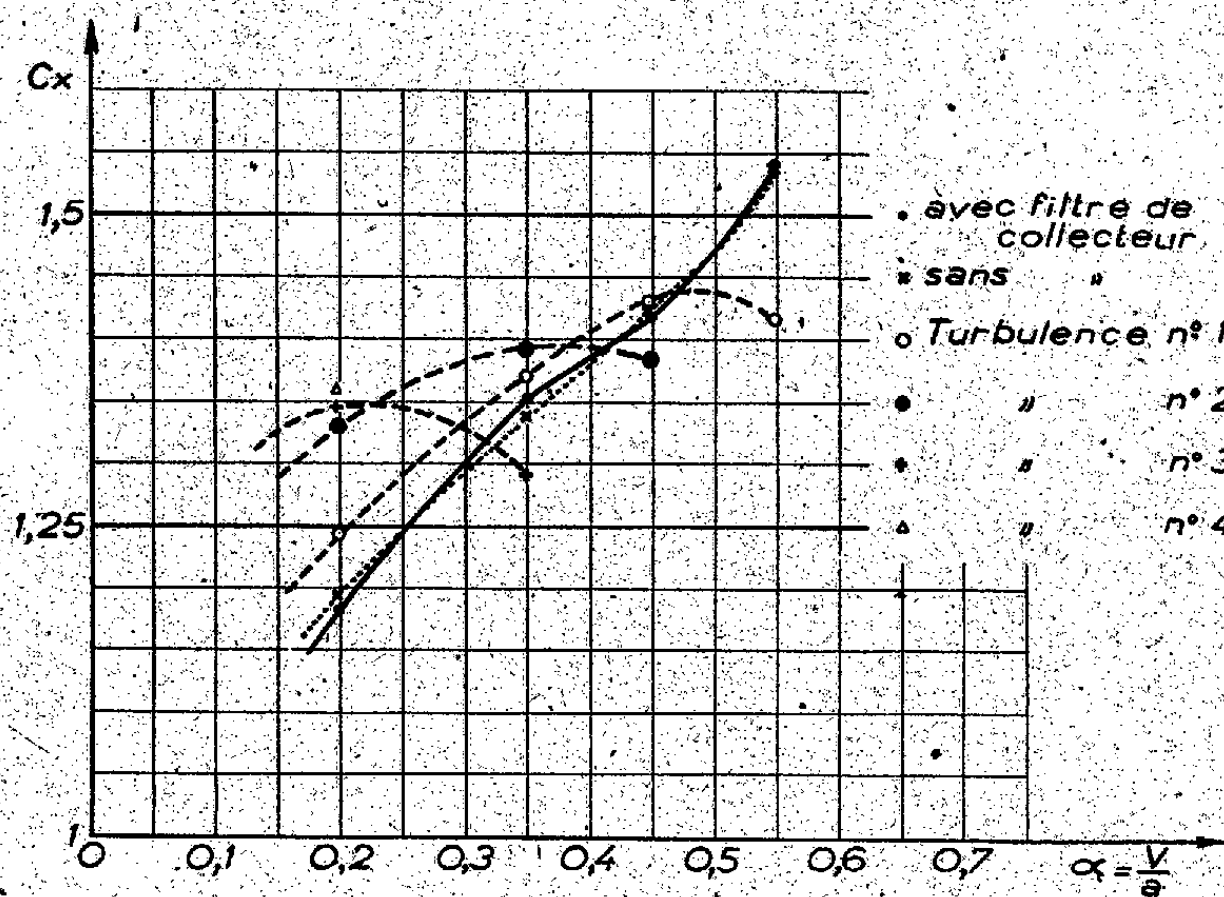


Fig. 1.

Nous avons représenté sur la figure 1 la variation de ce coefficient en fonction

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

du nombre de Mach. On constate que, dans ce domaine de vitesse, le coefficient de résistance croît linéairement, mais, lorsque l'écoulement est turbulent, ce coefficient passe par une valeur maximum.

Le maximum est d'autant plus faible et a lieu pour une valeur plus faible du nombre de Mach que la turbulence est plus grande.

Sur la figure 2 nous avons représenté, avec les résultats de nos mesures,

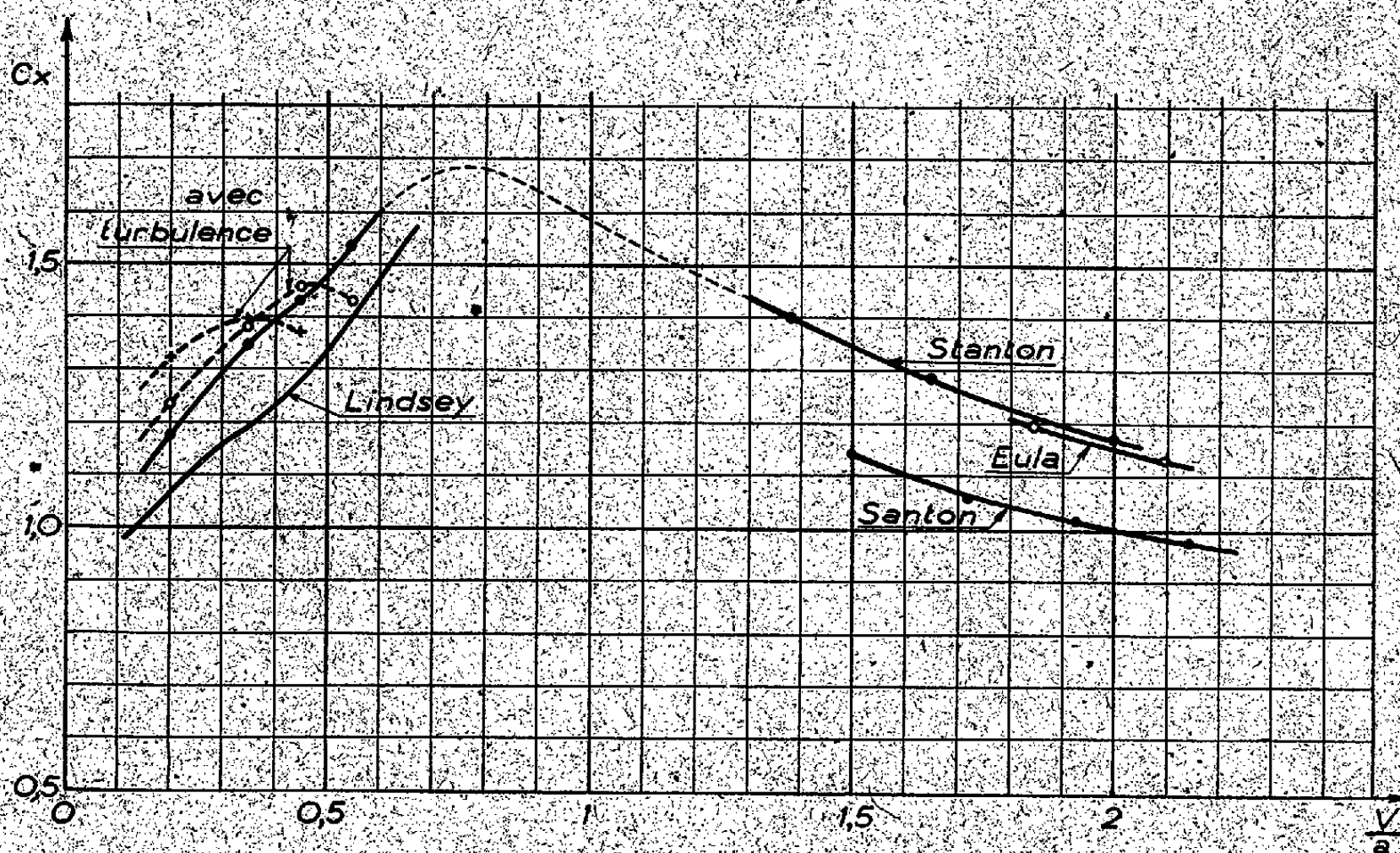


Fig. 2.

ceux obtenus par différents expérimentateurs ⁽²⁾ en l'absence de turbulence artificielle. De l'ensemble des résultats dans les deux domaines de vitesses étudiés, l'on est amené à penser que le coefficient de résistance du cylindre doit passer par une valeur maximum (courbe en pointillés). Ceci est en accord avec les résultats obtenus sur les projectiles.

Dans ces conditions la présence de turbulence provoquerait une réduction et un déplacement vers les faibles nombres de Mach du maximum du coefficient de résistance.

Cette propriété pourrait, en particulier, être utilisée pour indiquer le degré de turbulence d'un écoulement, en utilisant par exemple le nombre de Mach correspondant au maximum de C_x . Ce nombre serait voisin de 1 dans les écoulements sans turbulence et diminuerait lorsque la turbulence augmenterait.

⁽²⁾ LINDSEY, *Nat. Advisory Com. for Aeronautics*, Rap. 619, 1938; STANTON, *Aero. Research. Com.*, Rap. and Mem. n° 1210, 1938; SANTON, *Publ. scient. et tech. du Min. de l'Air*, n° 68, 1935; EULA, *Aerotechnica*, janvier 1940, traduction technique du Groupement français de recherches aéronautiques n° 176.

ÉLECTROKINÉTIQUE. — *Irrégularités permanentes des courants supposés continus.*

Note ⁽¹⁾ de M. ÉDOUARD SELZER, présentée par M. Charles Maurain.

De nombreuses expériences et mesures nécessitent des courants constants, de l'ordre de l'ampère. On prend en général des batteries d'accumulateurs largement calculées, on les monte suivant un des dispositifs classiques de compensation ⁽²⁾, on évite les mauvais contacts et les variations de température. Des mesures de grande précision ont ainsi été faites, telles que la détermination absolue de l'ampère international.

L'expérience nous a montré cependant que de tels courants présentaient de manière permanente, à raison de plusieurs centaines par minute, de petites irrégularités dont l'amplitude peut atteindre quelques 10^{-5} en valeur relative. Les équilibres réalisés au moyen d'électrodynamomètres ou de tout appareil d'inertie suffisante, n'en paraissent pas affectés. Cependant si la mesure que l'on effectue résulte de la comparaison de deux grandeurs qui sont des fonctions de formes différentes de l'intensité, par exemple Ki et $K'i^2$, comme dans le cas de la détermination de l'ampère international, l'existence de ces irrégularités peut introduire une erreur relative pouvant atteindre ou même dépasser 10^{-5} .

Le premier montage, qui a permis de mettre ces irrégularités en évidence, utilise la grande sensibilité des magnétrons au voisinage du champ critique. Celui que nous avons utilisé comportait une cathode à chauffage indirect et une anode non fendue, cylindrique, de 1 cm de rayon, qui, sous 240 volts, nécessitait un champ critique de l'ordre de 100 gauss. Dès lors la méthode est à l'abri des variations rapides du champ magnétique terrestre naturelles et même industrielles, en général inférieures à 10^{-4} gauss à l'Institut de Physique du Globe, à Paris, où nous opérons. Les irrégularités décelées dans le champ de fonctionnement de 100 gauss, et qui atteignaient plusieurs millièmes de gauss, étaient donc bien dues au courant d'alimentation du solénoïde producteur de ce champ, malgré les soins particuliers qui avaient été pris : batterie d'alimentation Fe-Ni et résistance liquide de réglage à grandes surfaces d'électrodes, connexions soudées.

Des contacts Cu-Cu, même serrés à bloc, ont introduit des irrégularités décelables ; des contacts Cu-Al et Al-Al, d'abord bons, n'ont pas tardé à devenir très mauvais. L'huilage frais des contacts a constitué une précaution très efficace, permettant d'utiliser à nouveau un rhéostat à curseur ⁽³⁾.

Quant aux accumulateurs, les irrégularités qu'ils introduisent sont de l'ordre

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽²⁾ JEAN BENOIT, *Journal de Physique*, 5, 1944, IX, p. 214.

⁽³⁾ *Journal de Physique*, 7^e série, 2, 1931, p. 69.

de celles qui découlent naturellement de la suite des chaînes existant entre leurs bornes.

Les irrégularités observées étant extraites (par transformateur et galvanomètre) du circuit d'anode des magnétrons, il convenait de vérifier qu'elles n'étaient pas dues à ceux-ci. Une étude détaillée du fonctionnement de ces magnétrons nous avait déjà montré que les singularités pouvant être introduites par eux sont d'un ordre tout différent (*).

Pour plus de certitude nous avons réalisé un deuxième type de montage sans magnétron, dans lequel un galvanomètre à courte période était branché en pont entre les circuits de décharge de deux batteries d'accumulateurs de 30 volts, débitant plusieurs ampères. Ces courants de décharge étant réglés de telle sorte que le courant moyen traversant le galvanomètre soit nul, ce dernier a indiqué, bien qu'avec moins de sensibilité que dans le montage avec magnétron, des irrégularités tout à fait analogues. Les irrégularités n'étaient plus



a, enregistrement avec magnétron; *b*, sans magnétron.
Déroulements d'environ 20 cm par minute.

décelées (et ce n'était pas seulement par manque de sensibilité) quand les intensités moyennes utilisées descendaient aux environs de 10^{-4} ampère. Il semble donc que l'importance, même relative, de ces irrégularités décroisse avec le courant.

Ces phénomènes se rattachent à des questions étudiées par divers auteurs (**) concernant les contacts électriques. Les études de Brunninghaus (3) sur les propriétés conductrices des huiles en couches très minces, et sur les conditions très instables marquant le passage de l'état conducteur à l'état isolant, sont bien confirmées par nos expériences.

Les théories généralement admises sur l'effet *tunnel* et sur l'effet de *pont*, ainsi que sur l'effet Johnsen-Rahbek, paraissent pouvoir fournir des explications plausibles des phénomènes que nous avons observés.

(*) E. SELZER, *Comptes rendus*, 214, 1944, pp. 499 et 589.

(3) R. HOLM, *Die technische Physik der elektrischen Kontakte*, Berlin, 1941.

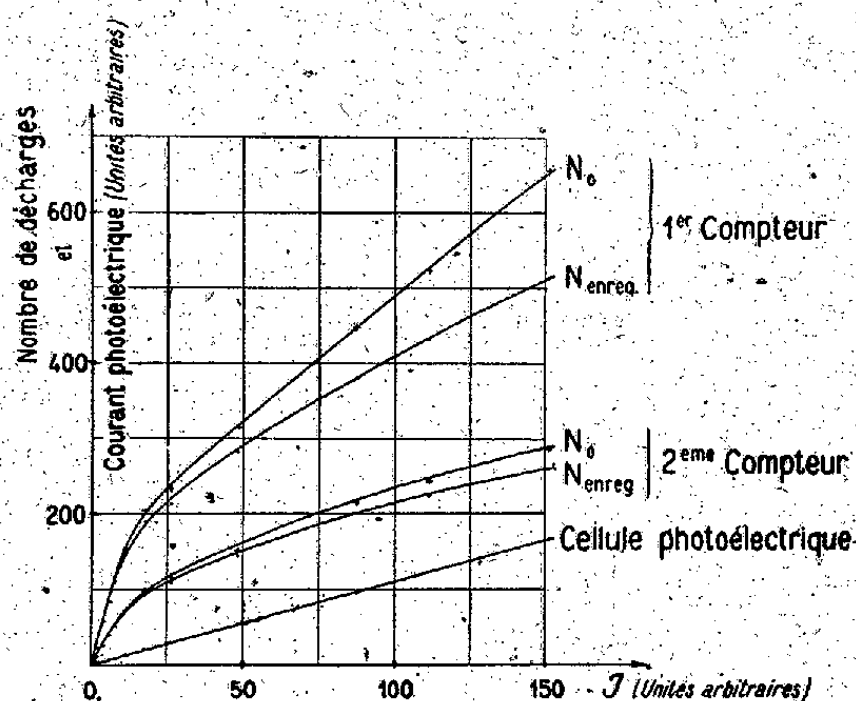
PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Variation du nombre de décharges en fonction du flux lumineux dans les compteurs de photons.* Note ⁽¹⁾ de M. JOSEPH MATTLER, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les caractéristiques que nous avons tracées sont relatives à des photocompteurs à cathode plane en CuI, remplis de vapeur d'alcool éthylique à la pression de 10^{mm} de mercure.

Les décharges des compteurs attaquent un amplificateur à deux étages. Dans le circuit plaque de la lampe de sortie est branché un compteur téléphonique totalisateur des décharges.

Les expériences ont été faites en lumière monochromatique et les variations du flux incident sur les photocompteurs ont été obtenues à l'aide d'une série de diaphragmes placés sur la lentille collimatrice du montage optique, ou en agissant sur l'intensité du courant électrique qui alimente la source de lumière (tube à hydrogène). Les deux méthodes de gradation, soigneusement étalonnées au préalable, ont été combinées, ce qui nous permet de réaliser des fortes variations du flux (1 à 150).

Les résultats des mesures effectuées avec deux compteurs sont représentés graphiquement sur la figure.



$N_{\text{enreg.}}$ = nombre de décharges par minute enregistrées au totaliseur; N_0 , nombre réel de décharges par minute, compte tenu du temps mort du totaliseur. Déduction a été faite de $N_{\text{enreg.}}$ et de N_0 des décharges données par les compteurs en l'absence de tout rayonnement.

On voit que pour les faibles variations du flux (1 à 10) il y a proportionnalité entre $N_{\text{enreg.}}$ et J , mais, pour des variations plus grandes, les caractéristiques sont nettement incurvées.

Nous pensons attribuer cette incurvation au temps mort du totalisateur mécanique des impulsions. La durée d'une décharge dans le photocompteur est

(¹) Séance du 8 janvier 1945.

en effet très courte, les constantes de temps des différents étages de notre amplificateur sont également faibles; d'autre part la grande résistance montée en série dans le circuit du compteur n'était que de 10^8 ohms, et même moins dans certaines de nos expériences. Pratiquement c'est donc le totalisateur qui limite le nombre maximum de décharges que l'on peut enregistrer par minute. Si une décharge suit la précédente en un temps inférieur au temps mort τ du totalisateur elle n'est pas enregistrée par ce dernier. Or, même pour les faibles densités d'impulsions, il existe toujours une certaine probabilité pour que l'intervalle entre deux impulsions soit plus petit que τ , de sorte que l'on enregistre constamment une quantité de décharges inférieure au nombre réel N_0 . Mais, comme elles sont distribuées sur l'axe des temps suivant l'équation de Poisson ⁽²⁾, on peut calculer la fraction perdue pour l'enregistrement.

$N_{\text{enreg.}}$ et N_0 sont liés par la relation suivante: $N_{\text{enreg.}} = N_0 e^{-N_0 \tau}$, car il y a $N_0 e^{-N_0 \tau}$ intervalles plus grands que τ ⁽³⁾. $N_{\text{enreg.}}$ passe par un maximum pour $N_0 = 1/\tau$, ce qui donne $N_{\text{max.}} = 1/e\tau$. Or le nombre maximum de décharges enregistrables par le totalisateur peut être déterminé expérimentalement, de sorte que τ est connu. Dans notre cas, $N_{\text{max.}} = 1000/\text{min.}$ et par suite $\tau = 2,2 \cdot 10^{-3}$ sec.

Il est donc possible de calculer, à l'aide de la formule précédente, le nombre réel de décharges à partir du nombre enregistré. Le redressement des caractéristiques qui en résulte est notable, surtout pour les valeurs élevées de N , mais elles ne deviennent pas rectilignes.

Il n'est pas possible non plus d'incriminer un mauvais fonctionnement de notre amplificateur. Une étude à l'oscillographe cathodique nous a montré que toutes les décharges de photocompteur sont bien transmises au totalisateur. Leur durée est très courte comme il fallait s'y attendre, sauf pour une toute petite fraction d'entre elles qui s'étalent sur un temps notable.

Dans le but de vérifier si l'incurvation ne provenait pas d'un appauvrissement de la cathode en photoélectrons pour les flux intenses, nous avons transformé un de nos compteurs en cellule photoélectrique normale à vide, mais la caractéristique courant-lumière de cette dernière est bien linéaire (voir la figure).

L'incurvation des caractéristiques, n'étant pas d'origine photoélectrique ni instrumentale, semble donc en définitive uniquement attribuable aux phénomènes qui se produisent à l'intérieur même des compteurs. On peut, par exemple, supposer une diminution de l'efficacité de ces derniers lorsque le nombre de photoélectrons augmente. Dans ce cas la nature et la pression du gaz interne, la longueur d'onde de la lumière excitatrice et probablement aussi la haute tension appliquée aux compteurs devraient jouer un rôle important quant à la forme des courbes.

⁽²⁾ A. BLANC-LAPIERRE, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 188.

⁽³⁾ H. VOLZ, *Zeits. f. Physik*, 93, 1935, p. 539.

La mesure avec ces photocompteurs de rayonnements β ou γ et l'étude des décharges et des caractéristiques obtenues avec ces mêmes rayons permettraient sans doute de préciser le mécanisme interne et de trouver une hypothèse convenable pour expliquer la forme des caractéristiques.

Lorsque les compteurs photoélectriques sont employés comme instruments de mesure, il est indispensable d'établir auparavant ces caractéristiques, à moins de ne travailler que dans la portion rectiligne en associant au compteur un écran neutre (par exemple une grille noircie, de transmission connue une fois pour toutes) lorsque les variations des flux à mesurer dépassent 10, ce qui est fréquemment le cas.

Une équation de la forme $N = A J^n$ (A constante, n coefficient inférieur à 1) ne permet pas non plus de traduire les résultats trouvés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des chlorobromures du titane tétravalent. Spectre Raman du chlorure, du bromure et des chlorobromures du titane tétravalent.* Note ⁽¹⁾ de M^{lle} **MARIE-LOUISE DELWAULLE** et M. **FÉLIX FRANÇOIS**, présentée par M. Charles Fabry.

L'existence de chlorobromures du titane a été signalée par Friedel et Guérin ⁽²⁾. Ces auteurs ont cherché à préparer $TiCl^3Br$ par action du brome sur $TiCl^3$ et $TiCl^2Br^2$ par action du brome sur $TiCl^2$. Les produits obtenus, disent-ils, contiennent effectivement du chlore et du brome, mais ils ne répondent pas aux formules escomptées et sont probablement constitués par des mélanges infractionnables de chlorobromures.

Il nous semble que ce travail ne constitue pas une preuve suffisante de l'existence des chlorobromures du titane tétravalent, les mélanges obtenus pouvant n'être constitués que par les deux halogénures purs.

Nous avons repris la question, en opérant par simple mélange des deux halogénures purs. La constitution des liqueurs ainsi obtenues a été mise en évidence au moyen de l'effet Raman.

L'étude des spectres des chlorobromures de carbone, des chlorobromures de silicium, des chlorobromures stanniques déjà réalisée par nous ⁽³⁾, nous permet, par analogie, d'identifier par leur spectre les chlorobromures de titane.

Les spectres des mélanges étudiés présentent, outre les raies des halogénures purs, des fréquences nouvelles et, si l'on considère l'intervalle compris entre

⁽¹⁾ Séance du 15 janvier 1945.

⁽²⁾ *Ann. Chim. et Phys.*, 3^e série, 8, 1876, p. 24.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 226; 219, 1944, pp. 64 et 335.

les fréquences les plus symétriques des halogénures purs, on voit apparaître, régulièrement réparties, trois nouvelles fréquences. Ce sont des raies fines, qui peuvent être, dans des mélanges convenables, très intenses et qui sont presque complètement polarisées.

Ces fréquences sont certainement les fréquences les plus symétriques des trois chlorobromures, et leurs intensités relatives nous permettent de nous faire une idée approximative de la composition des mélanges étudiés.

La réponse au problème chimique de l'existence des chlorobromures de titane est donc la suivante. Les trois chlorobromures peuvent être obtenus par simple mélange du chlorure et du bromure de titane. Ils existent en équilibre les uns avec les autres et avec les halogénures purs, mais il est impossible de les séparer.

De ce point de vue l'analogie avec l'étain est frappante.

Nous avons d'ailleurs, ce qui était indispensable, déterminé les spectres Raman des halogénures purs et des chlorobromures.

Le spectre du chlorure de titane était connu, mais, grâce au pouvoir séparateur de notre spectrographe, nous avons constaté que sa quatrième raie était en réalité un doublet.

Le spectre de TiBr_4 n'était pas connu : il a bien les mêmes caractères que celui de TiCl_4 . La teinte jaune de TiBr_4 nous a obligés à utiliser comme radiation excitatrice 5460 Å et le pouvoir séparateur de l'appareil est moins bon. Nous pensons, sans l'affirmer, que sa quatrième raie est aussi un doublet.

Pour l'identification des fréquences des chlorobromures nous avons opéré comme dans l'étude des chlorobromures stanniques. Les liqueurs étant jaunes, nous avons dû utiliser comme radiation excitatrice 5480 Å, ce qui, avec les plaques dont nous disposions, nous a conduits à de très longs temps de pose. L'étude de la dépolarisation des raies entraînerait des temps de pose trop considérables; nous ne l'avons faite que pour la raie la plus symétrique de chacun des chlorobromures.

Les spectres de TiCl_3Br et TiClBr_3 doivent comporter six fréquences.

En ce qui concerne TiCl_3Br , trois fréquences sont faciles à pointer. Les autres ne se séparent pas des fréquences trop voisines de TiCl_4 . Mais leur existence est rendue évidente par des modifications très nettes de l'intensité de ces dernières fréquences.

Pour TiClBr_3 également, trois fréquences sont faciles à pointer et un peu d'imprécision subsiste pour la détermination des trois autres.

TiCl_2Br_2 doit avoir un spectre de neuf raies. Six seulement sont identifiables. Les autres ne peuvent être séparées des raies voisines des autres halogénures.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-contre.

Fréquences en cm^{-1} .

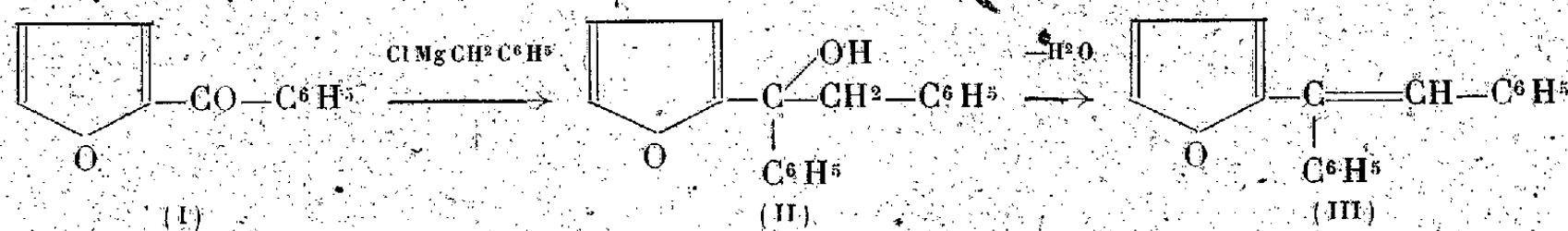
Modes de vibration.

Composé	δ_{12}	δ_{345}	ν_1	ν_{234}
TiCl ₄	120	140	389 (pol.)	490-506
TiCl ₃ Br....	1105	128 à 136	326 (pol.)	439 489 à 508
TiCl ₂ Br ₂ ...	87	? 125?	294 (pol.)	383 à 401 462 492
TiClBr ₃ ...	vers 82	110 123?	263 (pol.)	388 à 398 471
TiBr ₄	74	94	235 (pol.)	387 à 399

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène*. Note de MM. **BUU-HOI** et **HONG-KI-WEI**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le stilbène constitue le squelette fondamental d'un très grand nombre de substances œstrogènes (diéthylstilbœstrol, triphényléthylène). D'autre part on connaît les relations étroites qui existent entre hormones œstrogènes naturelles ou artificielles et cancer. En se basant sur les résultats obtenus dans le domaine des hydrocarbures polycycliques ⁽¹⁾, on pouvait se demander s'il ne serait pas intéressant de rechercher des substances physiologiquement peu actives ou inactives, mais dont la configuration moléculaire mimerait celle des corps œstrogènes, et qui pourraient agir en *antagonistes* de ces derniers ⁽²⁾. Nous avons été ainsi amenés à préparer des isologues oxygénés ou soufrés d'hydrocarbures stilbéniques. La méthode de synthèse utilisée est classique; elle consiste à déshydrater les carbinols tertiaires obtenus en faisant agir des organomagnésiens sur des cétones convenablement choisies.

L'action du chlorure de benzylmagnésium sur le benzoyl-2-furane (I) conduit ainsi, par l'intermédiaire du benzyl-phényl-furyl-2-carbinol (II), à l' α -furyl-2-stilbène (III) :

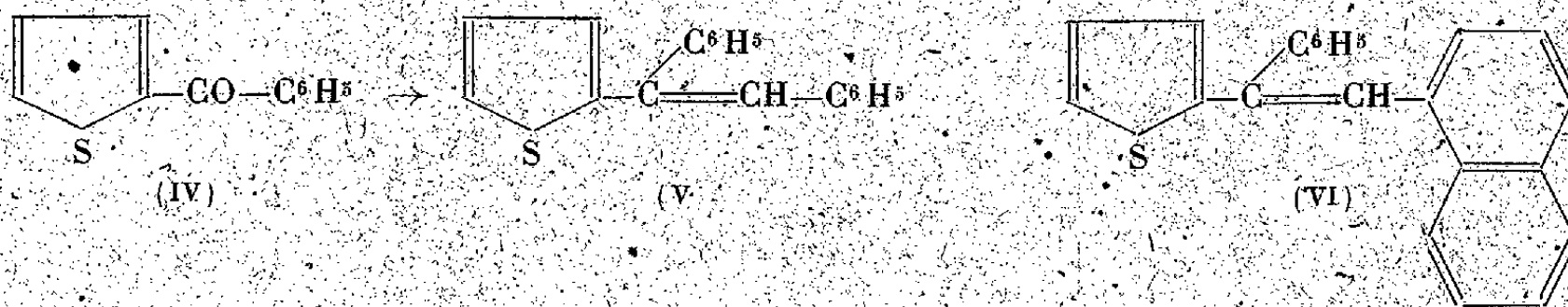


A partir du benzoyl-2-thiophène (IV) et du même magnésien, nous avons

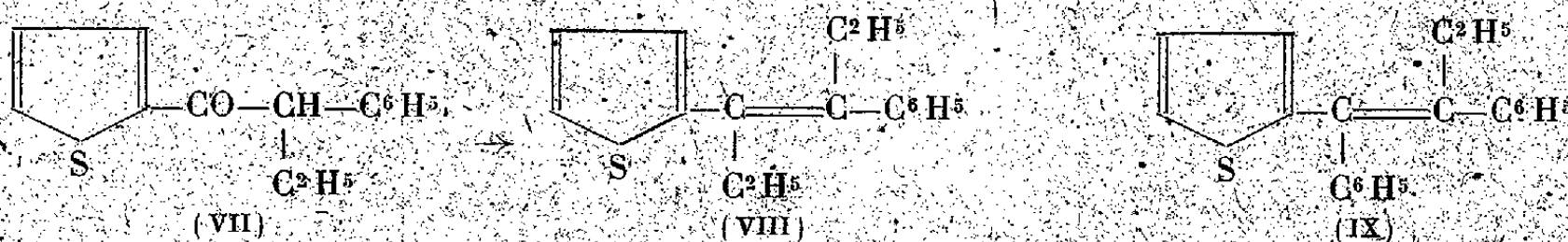
⁽¹⁾ Voir entre autres LACASSAGNE, BUU-HOI et RUDALI, *British J. of Pathology*, 25, 1945, p. 5.

⁽²⁾ Voir entre autres *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 589.

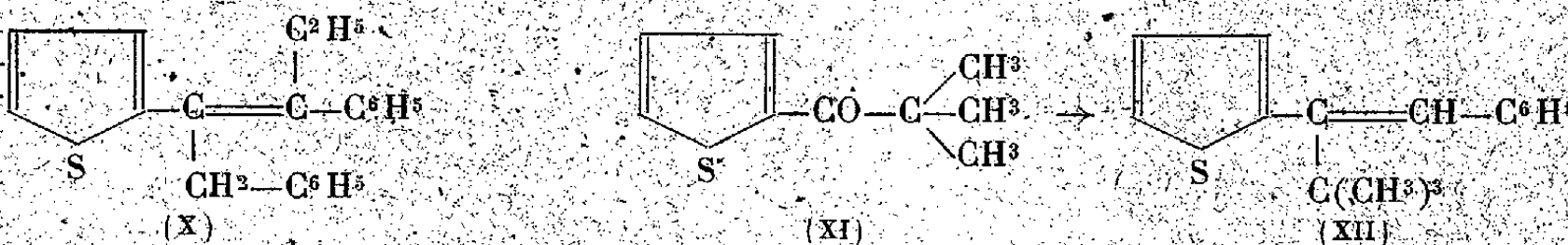
obtenu l' α -thiényl-2-stilbène (V); les deux composés (III) et (V) sont



isologues du triphényléthylène (³). La cétone (IV), opposée au chlorure d' α -naptométhyl-magnésium, a conduit à l' α -phényl- α -thiényl- β -naphthyl-éthylène (VI). A partir de l'éthyl-phénylacétyl-2-thiophène (VII), on a



obtenu, avec le bromure d'éthylmagnésium, l' α - β -diéthyl- α -phényl- β -thiényl-2-éthylène (VIII) et, avec le bromure de phénylmagnésium, l' α -éthyl- α - β -diphényl- β -thiényl-2-éthylène (IX); le carbure (VIII) est un isologue de la charpente du diéthylstilbœstrol. Avec la cétone (VII) et le chlorure de benzylmagnésium, on a abouti à l' α -éthyl- α -phényl- β -benzyl- β -thiényl-2-éthylène (X). Enfin, à partir de la tertio-butyl-thiényl-2-cétone (XI) et du



chlorure de benzylmagnésium, il a été préparé l' α -phényl- β -tertio-butyl- β -thiényl-2-éthylène (XII).

Ces divers isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures stilbéniques semblent être très peu œstrogènes et convenir par là-même à des expériences d'*antagonisme*. Ces études sont en cours.

MODE EXPÉRIMENTAL. — 1° Préparation de l' α -furyl-2-stilbène (III) $\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{O}$. Le benzoyl-2-furane (⁴) a été préparé en faisant agir le chlorure de pyromucoyle (E_{760} 170-171°) sur le benzène en présence de Cl^3Al à froid pendant 48 heures. Cette cétone est traitée en milieu étheré par un excès notable de chlorure de benzylmagnésium, ce qui fournit le carbinol (II) $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{O}_2$ sous la forme d'une huile épaisse, incolore, bouillant à 202-203° sous 3^{mm}. Ce carbinol (assez stable à l'air et à la lumière) est traité par un grand excès

(³) D'après Schönberg, le triphényléthylène est œstrogène à la dose de 1^{mg}; or il semble que les corps (III) et (V) ne le sont pas encore à la dose de 10^{mg}.

(⁴) Déjà obtenu par Marquis (*Comptes rendus*, 129, 1900, p. 111).

d'acide formique pur au bain-marie une demi-heure, ce qui donne (III), sous forme d'une huile jaune pâle E_{13} 210-215°, se résinifiant très aisément avec brunissement (très mauvais rendements). 2° *Préparation de l' α -thiényl-2-stilbène* (V) $C^{18}H^{14}S$. 10^g de benzoyl-2-thiophène ⁽⁵⁾ (E_{13} 162°) ont été traités par 16^g de chlorure de $MgCH^2C^6H^5$; le carbinol obtenu n'a pas été séparé, et est déshydraté par l'acide formique en (V), qui distille à 195° sous 1^{mm},5, et cristallise de l'alcool en longues aiguilles brillantes F 68°, très solubles dans le benzène, peu dans l'alcool. 3° (VI) $C^{22}H^{16}S$: fines aiguilles prismatiques, incolores, très peu solubles dans l'alcool, très solubles dans les hydrocarbures aromatiques, fondant à 162°, et distillant à 265° sous 11^{mm}. 4° (VIII) $C^{16}H^{18}S$: l'éthyl-phénylacétyl-2-thiophène ⁽⁶⁾ a été préparé en faisant agir le bromure d'éthyle sur le phénacétyl-2-thiophène $C^6H^5CH^2-CO-C^6H^5S$ préalablement sodé par l'amidure de sodium en milieu benzénique. Il bout à 200° sous 18^{mm} et fond à 75° (Victor Meyer a indiqué F 74°). L'action du bromure d'éthylmagnésium en excès conduit à un carbinol huileux qui est déshydraté par l'acide formique (notons que dans toutes les déshydratations de carbinols tertiaires à noyau thiophène par l'acide formique, il se produit des colorations successives allant du bleu au vert et au rouge); (VIII) est une huile ambrée, d'odeur aromatique, relativement fluide, et distillant à 210-212° sous 18^{mm}. 5° (XI) $C^{20}H^{18}S$: ici encore, on n'a pas isolé le carbinol, qui est soumis aussitôt à la déshydratation formique : on obtient une huile très épaisse, faiblement jaunâtre, distillant à 200° sous 9^{mm}, et ne cristallisant pas; l'odeur aromatique ressemble à celle du triphényléthylène. 6° (X) $C^{21}H^{20}S$. C'est une huile extrêmement visqueuse, faiblement jaunâtre, distillant vers 210° sous 9^{mm}, et ne cristallisant pas, même après plusieurs semaines à 0°. 7° *Cétone* (XI) $C^8H^{12}OS$. Cette cétone, non décrite dans la littérature, a été obtenue en traitant l'isopropyl-thiényl-2-cétone par l'amidure de sodium en milieu benzénique, puis en faisant agir l'iodure de méthyle sur ce dérivé sodé; c'est un liquide incolore, fluide, d'odeur aromatique agréable, distillant à 116° sous 15^{mm}. 8° (XII) $C^{16}H^{18}S$. L'action du chlorure de benzylmagnésium sur la cétone précédente conduit à un carbinol $C^{16}H^{20}OS$ (huile visqueuse incolore, E_{14} 182-184°) qui est déshydraté comme d'habitude en (XII) : c'est un liquide faiblement ambré, d'odeur aromatique, distillant à 169-170° sous 14^{mm}, et de consistance fluide. Les rendements sont excellents en série thiophénique. Voici quelques indices de réfraction : corps (VIII) n_D^{20} 1,5870; corps (XII) n_D^{20} 1,5856.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de préparation du nitrile β -phénylpropionique*. Note de M. PAUL CORDIER, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant besoin pour une étude ultérieure de nitrile β -phénylpropionique, nous avons mis au point un procédé de préparation qui nous a paru présenter de réels avantages et qui nous a permis d'accéder à ce composé avec de bons rendements.

Le principe de la méthode consiste à décarboxyler par chauffage l'acide benzylcyanacétique, dont Hessler ⁽¹⁾ a signalé la propriété de donner par décomposition le nitrile phénylpropionique.

(5). Déjà préparé par Comey (*Ber. d. chem. Ges.*, 17, 1884, p. 790).

(6) Voir VICTOR MEYER, *Die Thiophengruppe* (Braunschweig, 1888), appendice.

(1) *Ann. Chem. Journ.*, 22, 1899, p. 177.

1° Nous avons essayé de préparer l'acide benzylcyanacétique en utilisant le procédé employé par Hessler ⁽¹⁾, l'ester correspondant étant obtenu par condensation du chlorure de benzyle avec le cyanacétate d'éthyle en présence d'alcoolate de sodium.

Malgré les différents essais réalisés, nous avons obtenu après réaction et isolement un mélange qui, distillé, donne une faible quantité d'ester benzylcyanacétique (E_{12} , 175-185°) et une forte proportion d'ester dibenzylcyanacétique (E_{12} , 225-230°), résultats en accord avec ceux de l'auteur précédent; cette méthode est surtout intéressante pour l'obtention de l'acide dibenzylcyanacétique. Nous avons de plus constaté qu'il était possible d'obtenir les deux acides, benzyl- et dibenzylcyanacétique, en effectuant sur le mélange brut de leurs deux esters une saponification à froid par une solution de potasse alcoolique; il se forme très rapidement un précipité des deux sels de potassium; après isolement et dissolution aqueuse de ce précipité on peut, après acidification, séparer les deux acides par différence de solubilité, l'acide dibenzylcyanacétique étant très peu soluble dans l'eau.

2° Nous avons songé à tenter la préparation de l'acide benzylcyanacétique en hydrogénant l'acide benzylidénecyanacétique; ce corps s'obtient aisément par la méthode de Fiquet ⁽²⁾, basée sur la condensation de l'aldéhyde benzoïque avec l'acide cyanacétique. Nous inspirant de travaux antérieurs et plus récents ⁽³⁾ sur cette question, nous avons modifié le procédé dans les conditions suivantes.

Nous avons préparé du cyanacétate de potassium par saponification du cyanacétate d'éthyle à froid en milieu alcoolique; en traitant ce corps par un excès de potasse dans l'alcool à 95°, on constate presque immédiatement la formation d'un précipité cristallin sans qu'il y ait échauffement du mélange, précipité dû à la combinaison potassique du cyanacétate d'éthyle; très rapidement il ne tarde pas à disparaître et peu à peu se forment des cristaux de cyanacétate de potassium, en même temps qu'il y a un notable dégagement de chaleur; quand la précipitation est complète, au bout de quelques minutes, on dilue la masse avec de l'alcool à 95°, filtre et essore le précipité.

Le sel de potassium ainsi obtenu est condensé immédiatement avec l'aldéhyde benzoïque en milieu hydroalcoolique (70° environ), en présence d'une petite quantité de potasse; la réaction, très vive, est exothermique et, dès l'introduction de la solution alcaline alcoolique, on obtient un abondant précipité; après refroidissement le mélange est dilué avec de l'alcool à 95° et filtré. Le rendement par rapport au cyanacétate d'éthyle est de 85 % (soit 18% de benzylidénecyanacétate de potassium pour 11%,30 d'ester cyanacétique).

⁽²⁾ *Ann. Chim.*, 6^e série, 29, 1893, p. 442; *Bull. Soc. Chim.*, 3^e série, 7, 1892, p. 11.

⁽³⁾ *Synth. Organ.*, 1935, p. 35.

3° Ce sel de potassium est très instable en milieu alcalin et, même à froid, se décompose en régénérant l'aldéhyde benzoïque et le cyanacétate. Nous en avons réalisé l'hydrogénation par l'amalgame de sodium en milieu hydro-alcoolique en ayant soin de maintenir le milieu légèrement acide par additions progressives d'acide chlorhydrique; nous avons utilisé 3 fois plus d'amalgame à 3 % que la quantité théorique. Après réaction on neutralise le liquide et évapore l'alcool au bain-marie; ayant refroidi, on acidifie franchement avec de l'acide chlorhydrique et épuise avec de l'éther; la liqueur étherée est agitée avec une solution de carbonate acide de potassium; l'acidification de cette liqueur alcaline donne une huile qui cristallise au bout de quelque temps; par extraction étherée on obtient la fraction restée en solution. Nous avons obtenu ainsi l'acide benzylcyanacétique avec un rendement de 85 %; le point de fusion (100-101°) correspond à celui indiqué par Hessler.

4° L'acide benzylcyanacétique décomposé au bain de sable vers 155-160° laisse un résidu liquide constitué par le nitrile phénylpropionique E_{11} 132°, rendement 65 %.

Nous avons constaté que ce nitrile est aisément transformé en amide correspondant par traitement par l'acide sulfurique concentré, le contact avec cet acide étant maintenu pendant 48 heures; par précipitation par l'eau nous avons obtenu un composé cristallisé azoté dont le point de fusion après cristallisation dans l'eau correspond à celui de l'amide β -phénylpropionique (F 102°).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Variation, au cours du cycle solaire, de l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres.* Note de M. **PIERRE BERNARD**, présentée par M. Charles Maurain.

L'existence d'une relation de cause à effet entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres étant rendue probable par plusieurs cas particuliers nettement observés (¹), j'ai cherché, en utilisant la série continue des enregistrements magnétiques de Chambon-la-Forêt (1936-1944) et les listes d'éruptions publiées de 1935 à 1944 dans le *Bulletin for character figures of solar phenomena*, à identifier l'éruption responsable de chaque agitation magnétique dont le début apparaît distinctement sur les courbes d'enregistrement. L'identification des éruptions est basée surtout sur leur étendue et leur intensité, et parfois sur la succession d'orages magnétiques à peu d'intervalle, qui conduit à rechercher une séquence analogue des éruptions; les correspondances ne présentent pas, dans chaque cas, de certitude

(¹) Voir par exemple G. E. HALE, *Astrophys. J.*, 73, 1931, p. 379.

absolue, notamment par suite des lacunes dans l'observation du Soleil, mais elles peuvent être utilisées à des études statistiques dont les résultats moyens, obtenus à partir d'un grand nombre de cas, ont de fortes chances de correspondre à des phénomènes réels.

Le *retard* R du début de la perturbation magnétique sur celui de l'éruption s'est montré extrêmement variable d'un cas à l'autre, comme en témoigne le tableau ci-après, mais ses moyennes annuelles présentent une variation très régulière : de 40 heures en 1936, la moyenne tombe à 27 heures en 1938 et reste jusqu'en 1941 au voisinage de ce dernier chiffre, du même ordre que celui déterminé par une méthode différente par J. Coulomb et G. Dugast ⁽²⁾. R a donc présenté une valeur minima à peu près constante depuis le maximum de l'activité solaire jusqu'au milieu de la phase décroissante de cette activité.

Nombre de cas de valeurs de R

Année.	inférieures à 20 ^h .	de 20 à 30 ^h .	de 30 à 40 ^h .	de 40 à 50 ^h .	supérieures à 50 ^h .	Valeur moyenne de R.
1935 ⁽³⁾	0	4	11	14	12	44,6
1936.....	1	8	30	28	9	40,4
1937.....	2	29	52	14	9	35,6
1938.....	10	69	36	2	1	27,2
1939.....	19	57	19	9	0	26,7
1940.....	12	50	18	8	2	28,6
1941.....	15	51	9	6	0	24,8

Si l'on distingue les éruptions d'après leur importance dans l'échelle de 1 à 3 du *Bulletin*, on trouve un retard un peu plus faible pour les éruptions les plus importantes, mais la marche générale des trois séries est la même : en particulier, toutes trois présentent un léger maximum secondaire en 1940.

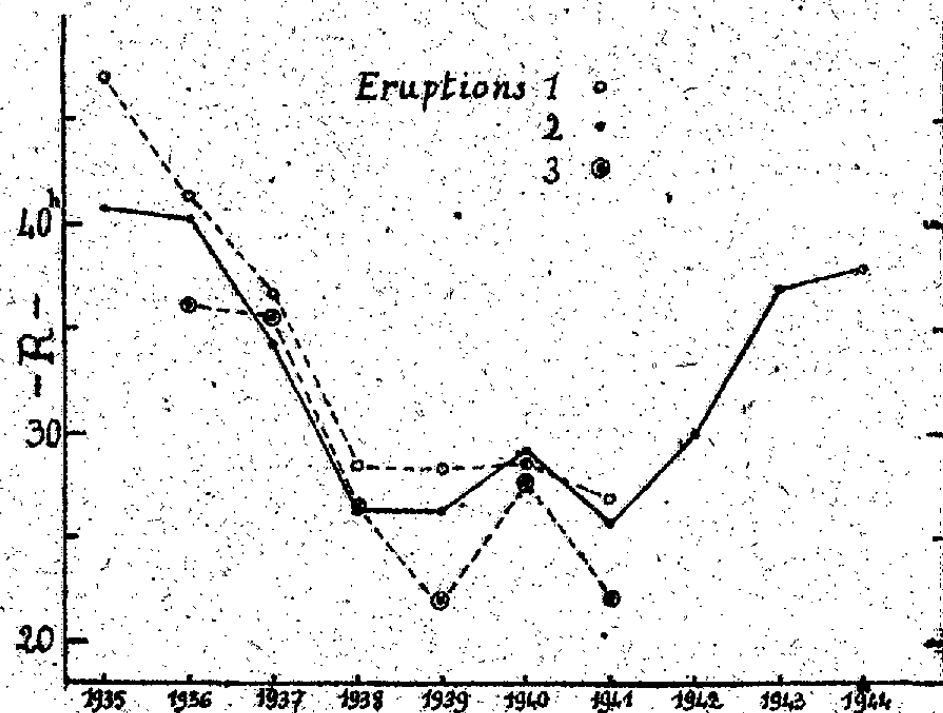
Afin de prolonger la série d'observations jusqu'au minimum des taches solaires de 1944, j'ai examiné les clichés du spectrohéliographe de Meudon, que M. d'Azambuja a bien voulu m'autoriser à consulter. Certaines des éruptions enregistrées sur ces clichés coïncident avec des renforcements des radio-parasites atmosphériques de grande longueur d'onde; aussi la liste de ces renforcements ⁽⁴⁾ a-t-elle été utilisée pour compléter celle des éruptions. Les correspondances avec des perturbations magnétiques qui peuvent alors être relevées fournissent les valeurs moyennes de R suivantes : en 1942, 30^h (28 correspondances); en 1943, 37^h (22 cas); en 1944 (9 mois), 37^h,9 (6 cas).

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1557.

⁽³⁾ D'après les enregistrements magnétiques du Val-Joyeux.

⁽⁴⁾ R. BUREAU, Note préliminaire n° 52 du *L. N. R.* Les correspondances retenues ont été jointes à celles des éruptions d'importance 2 pour l'étude statistique de R.

On voit sur la figure que la courbe à tendance à rejoindre, après 1944, la valeur de 1935, et que R a commencé à augmenter plusieurs années avant le minimum de l'activité solaire, ce qui vérifie un résultat antérieurement constaté



par M. Maurain ^(*), que l'intervalle de temps entre les paroxysmes d'activité solaire et les orages magnétiques devient, dans les années voisines du minimum des taches, sensiblement supérieur à sa valeur normale. D'autre part, il semble qu'on doive écarter une corrélation entre la diminution de R de 1935 à 1941 et la variation de la latitude héliographique des plages actives du Soleil, variation à laquelle certaines théories de l'agitation magnétique attachent beaucoup d'importance. En effet la latitude moyenne, sans considération d'hémisphère, des éruptions retenues dans la statistique précédente a été :

1935.	1936.	1937.	1938.	1939.	1940.	1941.	1942.	1943.	1944.
23°,3	21°,0	17°,3	15°,0	14°,5	11°,6	10°,2	7°,4	12°,0	20°

Cette latitude n'a cessé de diminuer qu'à partir de 1943, année où sont apparues les premières plages faculaires du nouveau cycle. De plus, la décroissance a été constante de 1935 à 1942, alors que la courbe de R marque une sorte de palier de 1938 à 1941.

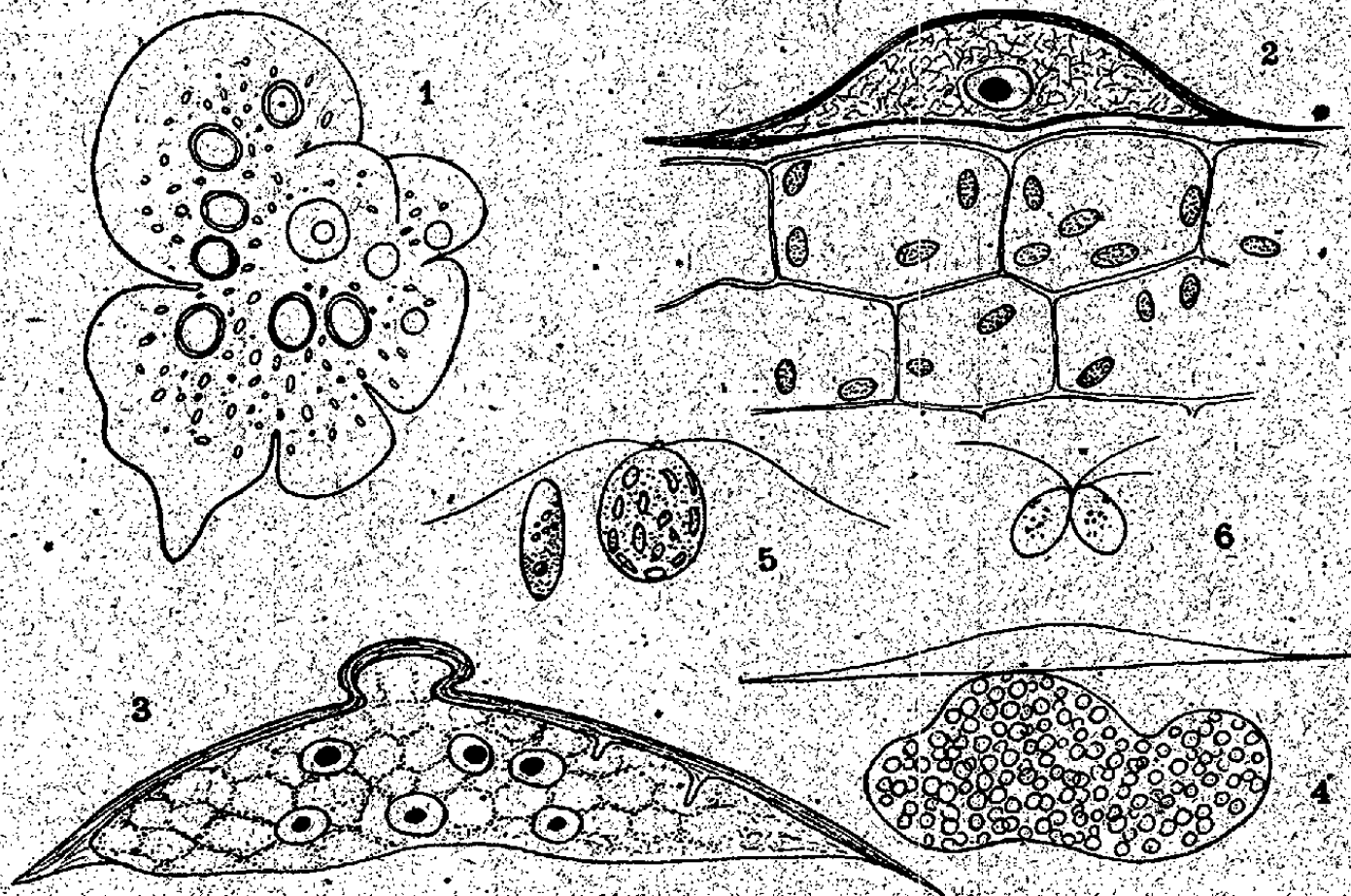
ALGOLOGIE. — *Sur un genre nouveau de Chlorophycées épiphyte d'eau douce* (Ectogerron Elodeæ nov. gén., nov. sp.). Note de M. **PIERRE DANGEARD**.

L'Algue que nous décrivons est un exemple assez remarquable d'une adaptation à l'épiphytisme : elle a été découverte sur les feuilles d'*Elodea canadensis*

(*) *Ann. Inst. Phys. du Globe*, 5, 1927, p. 91.

où elle forme de petits thalles d'un vert foncé fixés sur la marge du limbe. Elle peut s'observer plus rarement sur la tige de l'*Elodea* et sur divers *Lemna*, dont le *L. trisulca*.

Dans son état le plus jeune le thalle est une simple cellule aplatie et arrondie, fixée étroitement par l'une de ses faces sur le support et renfermant un chromatophore vert avec pyrénoïde amylicifère très apparent et un noyau nucléolé très petit. L'Algue se développe en gardant son noyau unique et son chromatophore, qui s'accroît et multiplie le nombre de ses pyrénoïdes. Tout en augmentant de taille, le thalle conserve sa forme générale de disque ou plutôt de calotte ou de dôme surbaissé, et il demeure adhérent au support, par toute sa surface basale aplatie. Cependant son contour ne reste pas circulaire, mais il devient plus ou moins irrégulier et lobé (*fig. 1*), avec un diamètre qui peut atteindre 100 ou 120 μ . Le contenu demeure très dense, dépourvu de vacuoles apparentes; d'un vert foncé, et il semble n'exister qu'un seul chromatophore, à structure de réseau compact, pourvu de 20 ou 30 pyrénoïdes.



Un caractère important est la présence d'un prolongement du thalle, analogue à une sorte de rhizoïde et pénétrant légèrement dans la membrane de l'*Elodea*. Par ailleurs il existe une opposition fort nette entre la différenciation de la membrane sur les deux faces de l'organisme. La paroi externe, opposée à la base de fixation, est épaisse, irrégulière, bosselée et divisée par des rentrants qui dessinent des lignes enveloppantes sinueuses; elle affecte dans son ensemble la forme d'une sorte de bouclier, ou encore d'un couvercle muni d'un rebord lamelleux, comme on le voit sur la vue de profil (*fig. 2 et 3*). La membrane basale appliquée contre la feuille d'*Elodea* est beaucoup plus simple, peu épaisse

et lisse; ses propriétés semblent d'autre part différentes, comme nous le verrons en étudiant le mode d'ouverture des sporanges. Il existe, en dehors de l'amidon, un produit de réserve formé de petits corps très réfringents et de formes variées, situés dans de petites vacuoles colorables par le rouge neutre. La membrane est riche en composés pectiques et la présence de cellulose n'a pu être constatée que sur les thalles âgés.

La reproduction a lieu par des zoospores ou par des aplanospores formées en grand nombre à l'intérieur des thalles, qui se transforment en totalité, à un certain moment, en sporanges. Le nombre des zoospores formées peut dépasser la centaine et leur production résulte d'un cloisonnement progressif. Les zoospores en mouvement, avant leur sortie, sont renfermées dans un sac hyalin à paroi gélifiée et gonflée, et la déhiscence a lieu par suite du soulèvement et du rejet sur le côté de la partie externe de la membrane, qui se détache comme un couvercle, soulevé par suite de la dilatation du sac sporangial (*fig. 4*); la vésicule contenant les zoospores s'ouvre ensuite par dissolution de sa paroi.

Les zoospores ressemblent un peu à de jeunes *Chlamydomonas* (*fig. 5*): elles ont un contour ovalaire ou elliptique et portent deux cils égaux insérés à l'avant; leur corps est nettement aplati et il possède un chloroplaste en forme de bande pariétale et un stigma orange.

Des gamétanges ont été observés, qui ne diffèrent des zoosporanges que par la production d'éléments ciliés plus petits et plus nombreux, moins colorés aussi que les zoospores et d'une teinte plus jaune. Ces gamètes donnent lieu à des copulations isogames ou parfois hétérogames (*fig. 6*).

La position systématique de l'*Ectogerron* paraît être au voisinage des *Chlorochytrium*. A la différence des espèces de ce dernier genre qui sont endophytes, l'*E. Elodea* est une Algue épiphyte bien caractérisée, chez laquelle un mode de vie particulier a entraîné une spécialisation morphologique très poussée dont il n'existe pas trace chez les *Chlorochytrium*.

Nous pouvons donc considérer le nouveau genre *Ectogerron* comme un représentant de la famille (ou de la sous-famille, suivant les auteurs) des Chlorochytriacees, caractérisé essentiellement par son habitat épiphyte, son thalle en bouclier irrégulier, mamelonné et incisé, sa membrane divisée en deux parties, région basale et couvercle, sa reproduction par des zoospores et par des gamètes.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des anions sur la pénétration de diverses substances basiques dans la cellulé végétale*. Note de M^{lle} SUZANNE BAZIN, présentée par M. René Souèges.

Les travaux de J. Régnier et de ses collaborateurs ⁽¹⁾ ont montré le rôle important des anions dans l'activité pharmacodynamique des sels d'alcaloïdes.

(¹) J. RÉGNIER et R. DAVID, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1428; J. RÉGNIER, R. DAVID

Il était nécessaire de rechercher si ce rôle est en relation avec la capacité de pénétration intracellulaire des divers sels mis en expérience, et de vérifier si cette influence s'exerce vis-à-vis d'autres bases organiques de nature non alcaloïdique.

Le premier de ces problèmes a été étudié sur les cellules des feuilles d'*Elodea canadensis*, traitées par divers sels de cocaïne selon une technique déjà décrite ⁽²⁾. Le second a été étudié, avec différents sels de substances colorantes, d'une part sur les feuilles d'*Elodea canadensis*, en utilisant la technique précédente, d'autre part sur les cellules de *Chara*, en utilisant une technique mise au point par R. Collander ⁽³⁾.

a. L'action exercée par les sels de cocaïne sur les cellules d'*Elodea canadensis* se traduit par l'apparition dans les vacuoles de granulations réfringentes agitées de vifs mouvements browniens et par le ralentissement, puis l'arrêt, passager ou définitif selon les doses, des courants cytoplasmiques.

Si l'on considère les concentrations en base à partir desquelles se produit ce dernier phénomène, on obtient les résultats suivants : phénylbutyrate M/170, phénylpropionate M/170, chlorhydrate M/85, citrate M/34, gluconate M/13,6.

D'autre part on a étudié le pouvoir plasmolytique de ces substances sur les cellules d'*Elodea* : la plasmolyse commence à se manifester pour une concentration M/3 en gluconate, citrate et chlorhydrate. Mais la déplasmolyse commence beaucoup plus rapidement pour ce dernier sel. Quant aux phénylpropionate et phénylbutyrate, ils ne déterminent aucune plasmolyse et produisent, aux concentrations élevées (M et au delà), une destruction cellulaire rapide.

b. α. Les cellules d'*Elodea* ont été traitées par différents sels de rouge neutre et de brun Bismarck à des concentrations allant de M/25 à M/50000. Ces substances se comportent comme des colorants vitaux ; elles pénètrent dans la cellule vivante et s'accumulent dans la vacuole. Mais la vitesse avec laquelle apparaît la coloration ne peut être évaluée avec précision, en raison particulièrement de la difficulté qu'il y a, d'un essai à l'autre, à comparer les teintes de cellules prises dans des feuilles différentes.

Par contre il est possible d'apprécier l'intensité des phénomènes toxiques produits par le contact prolongé avec ces substances. Ainsi, pour le brun Bismarck, à des concentrations à M/2500, le temps nécessaire (en minutes) pour obtenir l'arrêt complet des courants cytoplasmiques est de : phénylpropionate (1 à 50), isobutyrate (1,5 à 60), chlorhydrate (16 à 58), sulfate (23 à 68), citrate (28 à 58), succinate (28 à 89).

et R. DELANGE, *ibid.*, 202, 1936, p. 591. Pour les publications suivantes, voir *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 1937, 1938, 1939, 1943.

⁽²⁾ J. RÉGNIER, R. DAVID et S. BAZIN, *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1939, p. 227.

⁽³⁾ R. COLLANDER et E. VIRTANEN, *Protoplasma*, 31, 1938, p. 499.

Pour les sels de rouge neutre, le même ordre de toxicité a été trouvé.

β. En dosant le colorant contenu dans le suc extrait des cellules internodales de *Chara*, on peut apprécier la proportion de ce corps ayant pénétré dans la cellule. Cette étude a été faite pour les sels de rouge neutre et de brun Bismarck déjà utilisés et pour les mêmes sels de bleu Victoria.

Pour des concentrations extérieures des sels allant de M/25 000 à M/1 000, la concentration intracellulaire (exprimée en millimolécules de base par litre) varie, comme le montre le tableau suivant :

	Rouge neutre.	Brun Bismarck.	Bleu Victoria.
Phénylpropionate.....	0,33 à 5	0,4 à 8	0,06 à 0,33
Isobutyrate.....	0,25 » 4	0,5 » 6,6	0,08 » 0,33
Chlorhydrate.....	0,10 » 2	0,3 » 5,5	0,08 » 0,50
Sulfate.....	0,10 » 2	0,28 » 2,8	0,08 » 1,25
Citrate.....	0,08 » 1,67	0,28 » 2,5	0,20 » 2
Succinate.....	0,08 » 1,43	0,20 » 2,2	0,20 » 2

Conclusions. — 1° La pénétration dans la cellule végétale (*Elodea canadensis* et *Chara*) et l'action, sur la vie de cette cellule, de certaines bases organiques (alcaloïdes, matières colorantes) sont influencées par la nature des acides qui sont combinés aux bases.

2° Dans la plupart des cas (cocaine, rouge neutre, brun Bismarck), les sels d'acides porteurs de groupements supplémentaires (CO^2H , OH) diminuent la pénétration intracellulaire; par contre les sels d'acides non porteurs de ces groupements l'augmentent.

3° A l'inverse des autres substances, les sels de bleu Victoria préparés avec des acides porteurs de groupements supplémentaires sont ceux qui pénètrent le plus facilement dans les cellules. Remarquons à ce propos que la base du bleu Victoria ne peut pas être assimilée exactement aux bases colorantes étudiées. D'une part c'est une molécule considérablement plus grosse, d'autre part c'est un colorant non plus de la vacuole, mais du chondriome.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Rôle d'un fluorescéyanine-ferment dans la respiration cellulaire des Vertébrés inférieurs.* Note (1) de MM. **RENÉ-GUY BUSNEL**, **ANDRÉ PELOU** et **MICHEL POLONOVSKI**, présentée par M. Paul Portier.

Dans les tissus des Vertébrés inférieurs, où nous en avons décelé l'existence (2), la fluorescéyanine se présente comme un constituant d'un chromoprotéide très labile, qui libère son groupement prosthétique sous la moindre modification du pH, et même simplement par dissociation électrophorétique.

(1) Séance du 15 janvier 1945.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 189-192.

Nous avons déjà insisté ⁽³⁾, en établissant la nature pterinique de la fluorescyanine, sur le rôle qu'elle était susceptible de jouer dans les phénomènes d'oxydoréduction, du seul fait de sa réductibilité par l'hydrosulfite de sodium, réaction réversible au seul contact de l'oxygène de l'air. Son potentiel d'oxydo-réduction, à 20°C. $\geq -0,3$ volt, est plus élevé que celui de la riboflavine $-0,18$ volt [Hüttel et Sprengling ⁽⁴⁾, Kuhn et Boulanger].

C'est évidemment comme transporteur d'hydrogène que la fluorescyanine interviendrait dans les différents métabolismes. C'est ainsi, notamment, que nous expliquons son action dans les expériences que nous avons précédemment relatées ⁽⁵⁾, et dans lesquelles la fluorescyanine, en présence de coupes de cerveau de rat carencé en vitamine B₁₂, provoquait le même accroissement d'absorption d'oxygène et de dégagement de CO₂ que l'addition d'une quantité équivalente d'aneurine (test de Peters).

Les expériences que nous relatons aujourd'hui apportent une preuve décisive du rôle fermentaire de cette nouvelle substance ⁽⁶⁾. Nous avons mesuré, à cet effet, à l'aide de la méthode de Warburg, l'intensité respiratoire de différents tissus, en fonction de leur richesse en fluorescyanine-ferment. Nous nous sommes adressés aux écailles de Cyprinidés, les écailles dorsales abondamment pigmentées étant riches en fluorescyanine, dont sont au contraire dépourvues les écailles ventrales incolores. Une différence de composition de même nature existe aussi entre les écailles dorsales et ventrales du Cyprin doré et de l'Idé melanote, poissons dans lesquels, en outre, les mélanocytes disparaissent après les premiers âges.

Le tableau suivant met bien en évidence les écarts respiratoires importants observés entre les différents types d'écailles :

Espèce.....	Carpe.....		Cyprin doré.....	
	Dorsales.....	Ventrales.....	Dorsales.....	Ventrales.....
O ₂ absorbé par g.-heure à 17°,5 C. (mm ³).....	93	70	45	35

Afin de serrer ces résultats de plus près, et tenant compte de la localisation de la fluorescyanine dans les parties pigmentées de l'écaille, nous avons repris ces mêmes expériences en séparant les parties incolores des parties pigmentées des écailles dorsales. Les résultats sont les suivants :

Carpe. Partie pigmentée.....	des écailles dorsales.....	174 ^{mm³} O ₂ par g.-heure
» non pigmentée.....	».....	34

⁽³⁾ *Ibid.*, 217, 1943, pp. 163-164.

⁽⁴⁾ *Ann. der Chem.*, 554, 1943, pp. 69-82.

⁽⁵⁾ *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, pp. 366-367.

⁽⁶⁾ Ces recherches avaient déjà été entreprises par l'un de nous, par la méthode diaférométrique de M. Noyons. La publication du travail de A.-K.-M. Noyons et R.-G. Busnel a été retardée par la guerre, puis suspendue par le décès de M. Noyons.

Nous avons enfin procédé aux mêmes déterminations en inhibant les ferments de nature métalprotéine par addition de cyanure de potassium et nous avons trouvé une respiration résiduelle relativement importante dans le seul cas des zones pigmentées.

Carpe. Partie pigmentée des écailles dorsales + KCN	45 ^{mm} par g.-heure
» incolore	0 »

On ne peut attribuer cette dernière absorption d'oxygène au riboflavine-ferment, que l'on ne rencontre qu'à l'état de traces négligeables par kilogramme de tissus et nous avons tout lieu de rapporter à la présence du chromoprotéide fluorescyanique cette respiration résiduelle, ainsi que l'excédent notable des échanges respiratoires normaux des écailles qui le contiennent.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SEANCES DE JANVIER 1945.

Forêts et Déserts, par CORNELIS SAGUI. Extrait du *Bulletin de la Société d'Étude des Sciences naturelles de Vaucluse*, 1^{er} et 2^e trimestres 1944, n^{os} 1 et 2. Avignon, Imprimerie Martin-Mourre, 1944; 1 fasc. 24^{cm}, 5.

Faune de l'Empire français. II. *Mammifères ongulés de l'Afrique noire*. Deuxième partie. *Tragulidés, Giraffidés, Suidés (Phacochère, Potamochère, Hylochère), Hippopotamidés (Hippopotame), Périssodactyles (Rhinocéros), Proboscidiens (Éléphant), Hyraciens (Dâmans)*, par PAUL RODE. Paris, Librairie Larose, 1944; 1 vol. 28^{cm}, 5 (présenté par M. L. Fage).

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 43. *Insectes ectoparasites (Mallophages, Anoptoures, Siphonapteres)*, par EUGÈNE SÉGUY. Paris, Paul Lechevalier, 1944; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. L. Fage).

Délégation générale au Levant de la France combattante. Section géologique. *Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée*, par LOUIS DUBERTRET. Beyrouth, 1943; 1 vol. 20^{cm}.

Id. *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2^e édition), par LOUIS DUBERTRET. Beyrouth, 1941-1943; 1 fasc. 20^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1945.

PRÉSIDENTE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. PAUL LEBEAU fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. HENRI GUÉRIN intitulé *Le problème de la réactivité des combustibles solides*, dont il a écrit la Préface.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. HAROLD HARDY est élu Correspondant pour la Section de Géométrie en remplacement de M. Émile Cotton, élu Membre non résidant.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la correspondance des frontières dans la représentation conforme.* Note ⁽¹⁾ de M. JACQUES DUFRESNOY, présentée par M. Paul Montel.

Soit $w = f(z)$ une fonction univalente dans le cercle $|z| < 1$, qu'elle représente conformément sur le domaine D du plan des w . Aux points de $|z| = 1$ correspondent biunivoquement les bouts premiers de la frontière de D.

1. Désignons par E_1 l'ensemble des points de $|z| = 1$ auxquels correspondent des bouts premiers comprenant un point donné du plan des w , le point $w = \infty$ par exemple.

L'ensemble E_1 est fermé; il a une capacité nulle.

2. Désignons par E_2 l'ensemble des points de $|z| = 1$ auxquels correspondent des bouts premiers ne présentant pas de point accessible ou présentant un point accessible seulement par des chemins non rectifiables.

La fermeture de l'ensemble E_2 a une capacité nulle.

Ces deux propositions complètent, pour le cas des fonctions univalentes, les théorèmes de Fatou et des frères Riesz sur les fonctions bornées ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Séance du 6 novembre 1944.

⁽²⁾ Les recherches que M^{lle} Jacqueline Ferrand a publiées dans sa *Thèse* lui avaient fait prévoir des résultats voisins de ceux que nous venons d'énoncer. Nous sommes déjà revenu nous-même sur ces recherches (*Comptes rendus*, 219, 1944, p. 274).

Le principe de la démonstration est le même pour nos deux propositions. Aussi nous limiterons-nous ici à l'étude de l'ensemble E_1 . Nous nous contenterons d'ailleurs d'une esquisse rapide, car nous reviendrons sur ce sujet dans un Mémoire détaillé qui doit paraître prochainement.

Supposons que $z = 1$ n'appartienne pas à E_1 . L'ensemble des points z du cercle unité en lesquels $|f(z)| > R$ est formé d'un certain nombre de domaines; la frontière de chacun d'eux est constituée par un arc $\gamma_n(R)$ de $|z| = 1$ et un arc de Jordan joignant les extrémités de $\gamma_n(R)$. Soit $\Gamma(R)$ l'ensemble des arcs $\gamma_n(R)$ et de leurs points d'accumulation. On a $E_1 \subset \Gamma(R)$ et, dès que R est assez grand, $z = 1$ n'appartient pas à $\Gamma(R)$. Désignons par $g_R(z)$ la fonction de Green (relative à $z = 1$) du domaine obtenu en retranchant $\Gamma(R)$ du plan complet. La fonction analytique

$$Z = g_R(z) + i h_R(z),$$

où h_R est fonction conjuguée de g_R , transforme le cercle unité en une demi-bande fendue. A $\Gamma(r)$, avec $R_0 < r < R$, correspond dans le plan des Z un ensemble d'arcs dont la longueur totale est au moins égale à π . Un calcul classique, faisant appel à l'inégalité de Schwarz, permet d'en déduire que $g_R(z)$ tend vers l'infini avec R , d'où il résulte que l'ensemble E_1 a une capacité nulle.

On démontrerait de façon analogue la proposition suivante plus générale :

Soit F un ensemble fermé de capacité nulle, situé dans le plan des w . L'ensemble des points de $|z| = 1$ auxquels correspondent des bouts premiers comprenant un point au moins de F est fermé et a une capacité nulle.

MÉCANIQUE. — *Sur la structure des fonctions aléatoires.* Note de M. JEAN BASS, présentée par M. Henri Villat.

Considérons un corpuscule aléatoire défini par sa position $X(t)$ et sa vitesse $U(t)$, fonctions aléatoires du temps. Nous avons montré ⁽¹⁾ que ce corpuscule était équivalent à un fluide, au sens le plus général du mot. Il est naturel de supposer que le déplacement est l'intégrale aléatoire (au sens de Slutsky) de la vitesse, et même, d'une façon plus précise, que *la vitesse est la dérivée aléatoire de la position*, en moyenne quadratique. Supposons enfin que la loi de probabilité conjuguée des composantes de la position et de la vitesse admette une densité $F(x, u, t)$.

G. Dedebant et Ph. Wehrle ⁽²⁾ ont obtenu, par des considérations *physiques*, une *équation générale de bilan*, qu'il est facile de transformer, dans des conditions physiquement usuelles, en une équation de la forme

$$(1) \quad \frac{\partial F}{\partial t} + \sum u_k \frac{\partial F}{\partial x_k} + \sum A_k \frac{\partial F}{\partial u_k} = D(F),$$

⁽¹⁾ J. BASS, G. DEDEBANT et PH. WEHRLÉ, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 165.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1790.

les A_k étant les composantes du champ de forces extérieures et D étant un opérateur dont nous dirons qu'il définit la *structure* du corpuscule aléatoire.

Nous nous proposons dans cette Note d'expliciter la forme *mathématique* de l'opérateur D dans deux cas classiques, de montrer que ces cas s'excluent mutuellement, et de donner quelques indications sur les rapports entre la structure et la connexion de la vitesse.⁽³⁾

Nous supposons que le coefficient de connexion $r(t_1, t_2)$, qui est égal à 1 pour $t_2 = t_1$, est continu au voisinage de la droite $t_2 = t_1$. Les propriétés de la connexion entraînent celles de la structure, mais la réciproque n'est pas vraie. Cependant les propriétés de l'opérateur D restreignent, dans une certaine mesure, celles de la connexion.

1^{er} Exemple. — La vitesse $U(t)$ est dérivable (fluides turbulents). Dedebeant et Wehrle ont montré que

$$(2) \quad \frac{\partial F}{\partial t} + \sum u_k \frac{\partial F}{\partial x_k} + \sum A_k \frac{\partial F}{\partial u_k} = -F \sum \frac{\partial A_k}{\partial u_k},$$

où A_k est la moyenne liée de la dérivée aléatoire de U pour une position et une vitesse fixées. L'opérateur D est la *multiplication* par $-\sum \frac{\partial A_k}{\partial u_k}$. Il est nul si l'extension en phase se conserve.

Dans ce cas, si $r(t_1, t_2)$ est le coefficient de corrélation entre les valeurs d'une même composante de la vitesse aux instants t_1 et t_2 , $1 - r(t_1, t_2)$ est *infinitement petit d'ordre 2* par rapport à $|t_2 - t_1|$.

2^e Exemple. — *Chaînes simples* (Mouvement brownien. Problèmes classiques de diffusion).

Rappelons qu'alors, par définition, la loi de probabilité liée de $U(t_n)$, une fois connues les valeurs de $U(t_1), U(t_2), \dots, U(t_{n-1})$, se confond avec la loi de probabilité liée de $U(t_n)$ lorsqu'on se fixe uniquement $U(t_{n-1})$, loi qui définit la *probabilité de passage* $P(V | u, t_{n-1}, t_n)$. On sait que la probabilité de présence $\varphi(u, t)$ dans l'espace des vitesses vérifie une équation aux dérivées partielles due à Kolmogoroff, qui s'écrit

$$(3) \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \sum \frac{\partial}{\partial u_k} (A_k \varphi) = \frac{1}{2} \sum \frac{\partial^2}{\partial u_k \partial u_l} (B_{kl} \varphi).$$

Les hypothèses à faire sont les suivantes :

1^o l'existence des quantités A_k, B_{kl} , qui sont définies par les limites suivantes :

$$(4) \quad A_k(u, t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} \int (V_k - u_k) P(V | u, t, t + \tau) dV,$$

$$(5) \quad B_{kl}(u, t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} \int (V_k - u_k)(V_l - u_l) P(V | u, t, t + \tau) dV.$$

(3) Nous considérons comme équivalentes les expressions *corrélation* et *liaison stochastique*.

2° une *condition de Lindeberg*, qui limite l'ordre de l'équation (3) au second.

On peut démontrer que, si U est la dérivée aléatoire d'une fonction X , $F(x, u, t)$ vérifie bien une équation du type (1)

$$(6) \quad \frac{\partial F}{\partial t} + \sum u_k \frac{\partial F}{\partial x_k} + \sum \frac{\partial}{\partial u_k} (A_k F) = \frac{1}{2} \sum \frac{B^2}{\partial u_k \partial u_l} (B_{kl} F),$$

où l'opérateur D est un opérateur différentiel du second ordre.

Il est facile de vérifier que, d'après la condition (5), pour chaque composante de $U(t)$, $r = r(t_1, t_2)$ est d'ordre 1 par rapport à $(t_2 - t_1)$.

Mais la question se pose de savoir si, en renonçant à la condition (5), en supposant par exemple que ce soit

$$\frac{1}{\tau^2} \int (V_k - u_k)(V_l - u_l) P(V | u, t, t + \tau) dV$$

qui ait une limite, on n'arriverait pas à rendre compatibles la dérivabilité et la connexion en chaîne. On peut démontrer que tel n'est pas le cas. En combinant l'équation fonctionnelle de Chapman-Kolmogoroff avec la condition de dérivabilité, on arrive à une relation qui ne diffère pas essentiellement de celle qu'on obtiendrait pour une intégrale à éléments indépendants (au sens de P. Lévy); cas particulier de chaîne simple pour lequel la probabilité de passage s'écrit simplement $P(V = U, t, t + \tau)$. Or un raisonnement élémentaire montre que cette relation est impossible.

Les chaînes simples (processus à hérédité limitée) et les fonctions aléatoires dérivables (processus à hérédité illimitée) constituent donc deux classes sans éléments communs.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les étoiles doubles de la Carte du Ciel.*

Note de M. PAUL COUDERC.

1. Parmi les étoiles doubles, les unes sont fictives (couples *optiques* dus à la perspective), les autres sont *physiques* (les composantes manifestent à la longue un déplacement orbital relatif).

Le nombre probable des couples optiques dans un champ est donné par la formule dite de Struve

$$F = \frac{n(n-1)}{2} \times \frac{\pi d^2}{s},$$

F , nombre de couples optiques; d , distance maximum des composantes; s , aire du champ; n , nombre d'étoiles du champ.

Un catalogue de Paris (Pourceau, 1933) présente les étoiles doubles de la zone 24° pour $3'' < d < 18''$, d'après les clichés originaux de la Carte du Ciel. D'autre part les planches héliogravées fournissent, pour chaque cliché, une valeur de (n) .

Quand on applique à ces documents la formule de Struve, le nombre F trouvé est systématiquement supérieur à celui des couples recensés. Le désaccord s'accroît quand on prend pour (n) le nombre des étoiles simples que l'on peut encore compter aujourd'hui sur les anciens clichés (l'héliogravure n'a pas reproduit les images les plus faibles). Pour les clichés riches, F est à peu près le double du nombre des couples trouvés par Pourteau.

II. Les recensements ont été refaits pour les champs où le désaccord était le plus grand : plusieurs observatrices du Bureau des mesures de la Carte ont étudié, de manière indépendante, chaque cliché. Les nouveaux résultats sont en accord étroit avec les prédictions de la formule de Struve : la récolte est supérieure à celle de Pourteau, surtout de $15''$ à $18''$.

Voici, à titre d'exemple, le dépouillement de deux clichés, naguère très discordants, pris au hasard (les autres seront publiés ailleurs).

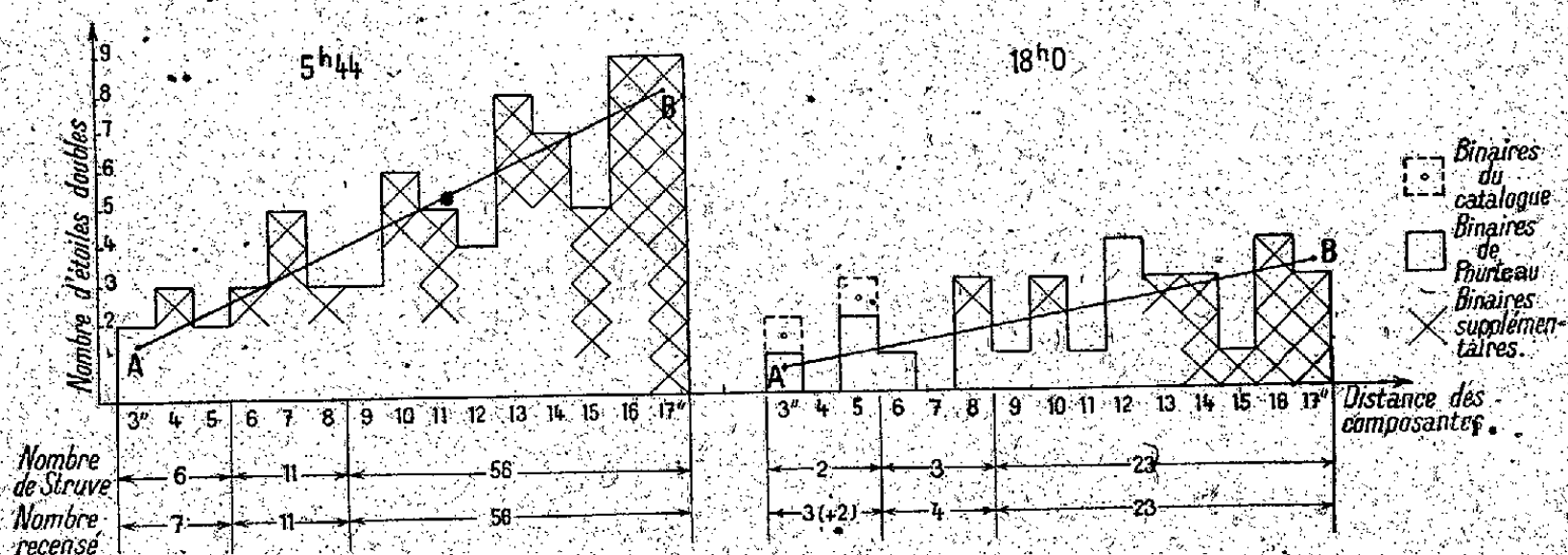


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Cliché 5h44. $n = 3000$ (héliogravure 2430); $F = 73$ pour $3'' < d < 18''$. Récolte : 74 (dont 41 binaires Pourteau et 33 nouvelles).

Fig. 2. — Cliché 18h0. $n = 1920$ (héliogravure 1620); $F = 30$. Récolte : 30 (dont 16 binaires Pourteau et 14 nouvelles) + (2 binaires révélées par le Catalogue photographique).

Sur les deux figures, la droite AB indique le nombre théorique des couples optiques à chaque distance.

III. CONSÉQUENCES. — a. *La Carte du Ciel ne fournit que des couples optiques.* Le pourcentage des couples physiques éventuels est assez faible pour se perdre dans la marge des écarts prévisibles par rapport à F .

b. Les catalogues de binaires issus du *Catalogue photographique* sont censés contenir un fort pourcentage de couples physiques. Ainsi, le récent catalogue de la zone d'Alger (*Ann. Obs. Besançon*, René Baillaud, 1944) annonce 56 % de binaires vraies jusqu'à $d = 18''$ et 82 % pour $d < 10''$ (p. 145). Ces résultats, supposés exacts, sont-ils compatibles avec notre conclusion (a)? Les clichés de la Carte contiennent en moyenne six fois plus d'étoiles que le Catalogue (cinq fois, d'après les héliogravures). Ces étoiles supplémentaires sont très

faibles [$12,5 < m < 14,5$], donc, en immense majorité, très éloignées; elles n'apportent que des couples optiques. Soit $2N$ le nombre de binaires du Catalogue, dont N physiques et N optiques. Sur la Carte on recueille $36N$ optiques et le pourcentage de couples physiques devient $N/37N$. Donc : *du Catalogue à la Carte, le pourcentage de binaires véritables peut passer de 50 % à moins de 3 %.*

Les couples serrés disparaissant sur la Carte (3 poses longues); le pourcentage précédent doit encore être diminué.

IV, PRECAUTION D'EMPLOI POUR LA FORMULE DE STRUVE. — Si un champ ne présente pas une densité stellaire uniforme, la formule conduit à une *sous-estimation du nombre des couples optiques réellement présents sur le cliché.*

En effet, si $\alpha, \beta, \dots, \lambda$ étoiles occupent des aires 1, 2, ..., p , équivalentes, les nombres de Struve sont respectivement

$$F_1 = K\alpha^2, \quad F_2 = K\beta^2, \quad \dots, \quad F_p = K\lambda^2.$$

Si ces aires sont groupées en une seule, on trouvera

$$F = \frac{K}{p} (\alpha + \beta + \dots + \lambda)^2;$$

or

$$F < F_1 + F_2 + \dots + F_p,$$

car

$$\alpha^2 + \beta^2 + \dots + \lambda^2 - \frac{1}{p} (\alpha + \beta + \dots + \lambda)^2 = \frac{1}{p} \sum (\alpha - \beta)^2,$$

qui est toujours positif.

Le groupage n'est indifférent que si $\alpha = \beta = \dots = \lambda$.

Si un cliché présente des inégalités frappantes (aire obscure, ou amas d'étoiles), il faut traiter séparément ses parties homogènes.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur la fréquence entretenue par un oscillateur à lampe.* Note de M. JEAN QUEFFELEC, présentée par M. Camille Gutton.

Lorsque l'on recherche les conditions d'entretien d'un oscillateur à lampe triode par la méthode classique, on obtient, en supposant que seules les parties rectilignes des caractéristiques soient utilisées, l'équation ⁽¹⁾

$$\left(R + \frac{L + \mu M}{R_i \times C} \right) + j \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} - \frac{R}{R_i} \times \frac{1}{C\omega} \right) = 0,$$

équation complexe qui se décompose en deux,

$$(1) \quad \boxed{R + \frac{L + \mu M}{R_i \times C} = 0} \quad \text{condition d'entretien proprement dite,}$$

$$(2) \quad \boxed{L\omega - \frac{1}{C\omega} - \frac{R}{R_i} \times \frac{1}{C\omega} = 0} \quad \text{équation définissant la fréquence,}$$

⁽¹⁾ Voir par exemple R. MESNY, *Radioélectricité générale*, Paris, 1, p. 145.

où R , C et L sont les résistance, capacité et self-induction du circuit oscillant, ω la pulsation, μ l'amplification, M l'inductance mutuelle. La supposition faite ne correspond pas à la réalité, car un régime n'utilisant que les parties rectilignes des caractéristiques serait essentiellement instable et aurait un rendement très mauvais.

Il est possible de serrer la réalité de plus près en admettant que la lampe oscillatrice est une amplificatrice de classe C.

On peut alors écrire, d'après une formule connue où l'on peut introduire l'impédance complexe Z_p ⁽²⁾,

$$\frac{V_g}{V_p} = - \frac{1 + \frac{\pi}{\theta - \sin \theta \cos \theta} \times \frac{R_t}{Z_p}}{\mu},$$

V_g et V_p étant les valeurs complexes des composantes alternatives des tensions de grille et de plaque et Z_p étant l'impédance complexe du circuit de plaque (supposée très grande pour la pulsation des oscillations et négligeable pour les harmoniques). Mais la considération du montage permet de définir une autre valeur de V_g/V_p et l'égalité de ces deux valeurs complexes permet, comme ci-dessus, d'obtenir deux équations (égalité des parties réelles, égalité des parties imaginaires).

Si l'on se reporte au montage classique comportant un circuit bouchon dans le circuit de la plaque (self L de résistance R en parallèle sur une capacité C et couplée par une mutuelle M avec la self de grille), on peut écrire

$$\frac{V_g}{V_p} = \frac{jM\omega}{R + jL\omega}$$

où, en utilisant le coefficient de surtension $Q = L\omega/R$ et en négligeant l'unité devant Q^2 ,

$$\frac{V_g}{V_p} = \frac{M}{L} \left(1 + \frac{j}{Q} \right).$$

D'autre part $1/Z_p$ peut s'écrire

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{L\omega \times Q} \left\{ 1 + j \left[\frac{1}{Q} \frac{\omega^2}{\omega_0^2} - Q \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) \right] \right\};$$

ω_0 désigne ici la pulsation propre du circuit LC : $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et les deux égalités annoncées deviennent

$$(3) \quad \frac{M}{L} = - \frac{1 + \frac{\pi}{\theta - \sin \theta \cos \theta} \times \frac{R_t}{R_p}}{\mu} \quad \text{avec} \quad R_p = L\omega \times Q,$$

$$(4) \quad \frac{\omega^2}{\omega_0^2} = 1 + \frac{R}{R_t} \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi}.$$

(2) *Ibid.*, 2, p. 75.

L'équation (3) correspond à l'équation (1) et entraîne la possibilité d'un entretien des oscillations par la détermination d'un angle θ . L'équation (4), qui est à rapprocher de (2), définit la fréquence des oscillations.

Il est aisé de vérifier que, lorsque l'on fait $\theta = \pi$, ce qui correspond à la classe A ou, si l'on préfère, à l'utilisation des seules parties rectilignes des caractéristiques, les équations (3) et (1) d'une part, (4) et (2) d'autre part se confondent.

Il est possible d'éliminer l'angle θ entre les deux équations (3) et (4), on obtient alors

$$(5) \quad \frac{\omega^2}{\omega_0^2} = 1 - \frac{1}{Q^2} \times \frac{1}{\frac{\mu M}{L} + 1}.$$

Cette équation est extrêmement intéressante, d'une part parce qu'elle ne fait intervenir que les éléments du montage et le coefficient d'amplification de la lampe, et d'autre part parce qu'elle est plus générale que les équations (3) et (4) et s'applique en particulier quand la lampe travaille à la saturation.

Une analyse plus serrée montre aisément qu'elle est conditionnée par les seules hypothèses :

- 1° Une variation de tension grille produit la même variation du courant plaque qu'une variation μ fois plus forte de tension plaque.
- 2° L'action du courant de grille sur le circuit oscillant est négligeable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur l'absorption ultraviolette des solutions de bromure de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.* Note (1) de M^{lle} **JACQUELINE DOUCET**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une étude précédente sur les solutions de bromure de potassium (2), j'ai mis en évidence le rôle de la concentration sur l'absorption ultraviolette, ainsi que celui du solvant par remplacement de l'eau ordinaire par l'eau lourde. L'influence de la température sur l'absorption de ces solutions n'est pas moins considérable.

Comme précédemment, j'ai purifié soigneusement le bromure étudié par précipitation microcristalline et je me suis entourée des précautions indispensables pour éviter la formation des ions Br_2^- et l'altération de l'eau lourde au contact de l'humidité atmosphérique.

Les mesures sont effectuées par la méthode de photométrie photographique. Les solutions sont placées dans une cuve soudée de 1^{mm} d'épaisseur. Le bromure de potassium étant très absorbant dans la région examinée, je n'ai pu étudier, sous une telle épaisseur, que des solutions diluées.

(1) Séance du 29 janvier 1945.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 159.

La cuve est placée dans une boîte de zinc à double paroi, entièrement soudée, dans laquelle on fait circuler, à l'aide d'une pompe, de l'eau venant d'un thermostat chauffé par une résistance blindée. Le dispositif est muni d'un régulateur à toluène en relation avec la résistance chauffante par l'intermédiaire d'un relais, constitué par un inverseur automatique à barreau interne monté en cascade avec un interrupteur à mercure à noyau plongeur. J'ai aussi utilisé un régulateur bilame placé directement en série avec la résistance chauffante et dont le couple de métaux agissants est disposé suivant une longue tige pouvant pénétrer dans l'enceinte.

J'ai ainsi déterminé, aux températures de 20, 40, 60 et 80° C., l'absorption des solutions de bromure de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde de concentrations 0,001 et 0,002 moles par litre, dans un domaine spectral compris entre 2000 et 3000 Å.

En ce qui concerne les variations du coefficient d'extinction et du coefficient moléculaire en fonction de la longueur d'onde et de la concentration, on observe, pour une température déterminée, des phénomènes analogues à ceux déjà mis en évidence à 20°. Il en est de même pour l'effet de solvant résultant du remplacement de H²O par D²O. Le fait nouveau qui apparaît, c'est, pour une concentration et une longueur d'onde données, l'augmentation de l'absorption avec la température, le phénomène étant d'autant plus marqué que celle-ci est plus élevée. Le bord de la bande d'absorption recule vers le visible, le déplacement pouvant atteindre 45 Å, ce qui correspond, dans la région étudiée, à des différences d'énergie de l'ordre de 1000 cm⁻¹ lorsqu'on passe de la solution à 20° à la solution à 80°.

Cet effet de température a approximativement la même importance pour les solutions dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.

L'influence de la température sur l'absorption des solutions de KBr peut s'interpréter en admettant avec E. Darmais⁽³⁾ que les forces de Coulomb qui s'exercent entre les ions et les molécules sont plus grandes dans les solvants de faible constante diélectrique. Quand la température s'élève, la constante diélectrique de l'eau diminue et les forces de Coulomb qui s'exercent entre l'ion halogène et les molécules d'eau sont plus considérables. La solvation devient plus grande, ce qui produit une augmentation de la surface de l'ion halogène solvate. En admettant que la probabilité d'absorption croît avec cette surface, on doit donc s'attendre à une absorption plus intense et à un recul du bord de la bande d'absorption vers les grandes longueurs d'onde.

D'ailleurs les variations de la constante diélectrique de D²O et de H²O en fonction de la température⁽⁴⁾, données par les formules

$$\epsilon_{D^2O} = 78,25 [1 - 4,617 \cdot 10^{-3}(t - 25) + 1,22 \cdot 10^{-5}(t - 25)^2 - 2,7 \cdot 10^{-8}(t - 25)^3]$$

(³) *Progrès récents dans l'étude de la structure des solutions électrolytiques*, Paris, 1939.

(⁴) J. WYMAN et INGALLS, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1182.

et

$$\varepsilon_{m0} = 78,54[1 - 4,579 \cdot 10^{-3}(t - 25) + 1,19 \cdot 10^{-3}(t - 25)^2 - 2,8 \cdot 10^{-5}(t - 25)^3],$$

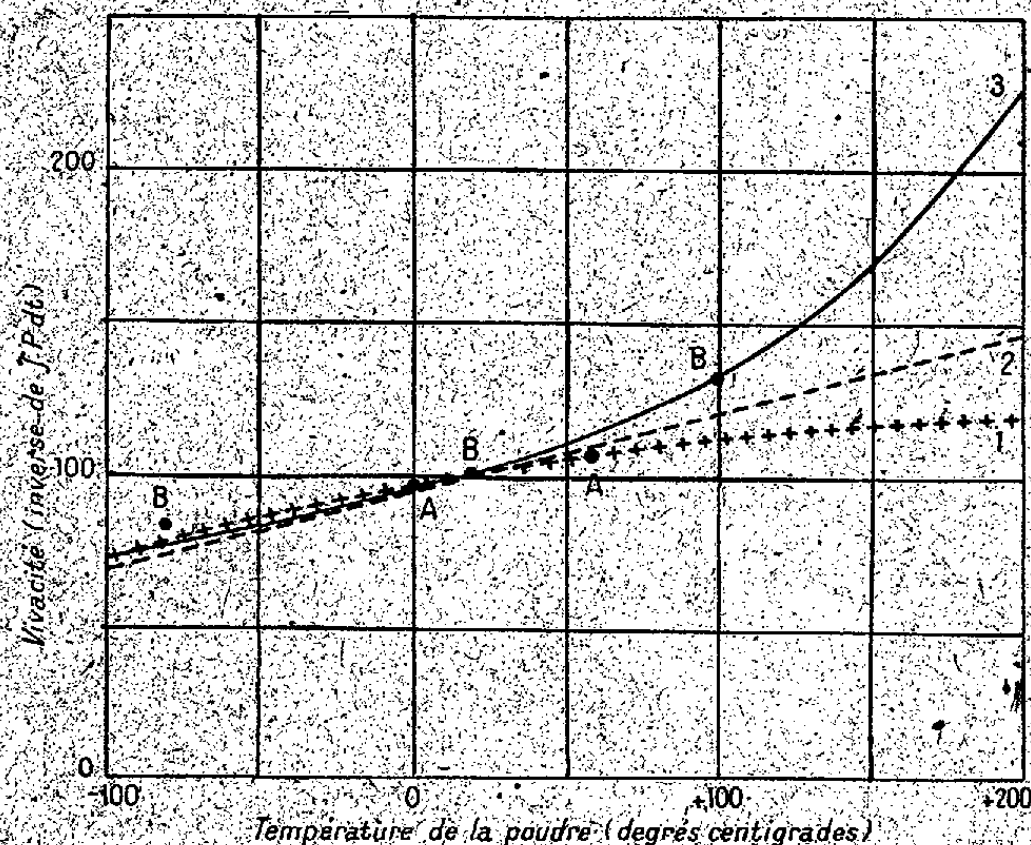
sont du même ordre de grandeur, ce qui justifie, dans l'hypothèse précédente, le fait que l'influence de la température ait la même importance pour les solutions dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.

On ne peut d'ailleurs expliquer ainsi que l'ensemble des effets observés, car il est certain que les actions qui conduisent à la solvation des ions ne sont pas seulement d'origine électrique et ne peuvent se prévoir uniquement à l'aide des forces de Coulomb.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Variation de la vivacité de combustion des poudres colloïdales en fonction de la température.* Note de MM. **HENRI MURAOUR** et **GABRIEL AUNIS**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons comparé ⁽¹⁾ les vivacités expérimentales avec les vivacités théoriques calculées à partir des trois formules qui ont été proposées pour représenter la variation de la vivacité de combustion en fonction de la température de la poudre (poudre à la nitroglycérine du type sans dissolvant).

La première formule, proposée par Yamaga, est basée sur l'hypothèse que le logarithme de la vivacité est une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue de la poudre.



La vivacité à 20° a été prise égale à 100.

A, expériences de Yamaga, exécutées à 0° et à +60°;

B, expériences de Muraour et Aunis, exécutées à -80° + 18° et +97°.

La seconde formule, déduite de tirs au canon (exécutés naturellement dans un intervalle relativement étroit de températures), est basée sur l'hypothèse que la vivacité est une fonction linéaire de la température de la poudre.

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 519.

La troisième formule est basée sur l'hypothèse que $\int p dt$ (inverse de la vivacité) est une fonction linéaire de cette même température.

Or, dans la Note précitée une erreur s'est glissée, non pas dans nos résultats expérimentaux, mais dans le tracé des courbes calculées à partir des formules (2) et (3). On trouvera ci-joint le graphique rectifié; ce graphique montre que les trois formules diffèrent peu au-dessous de 0°. Au-dessus de 0° les formules diffèrent d'autant plus que la température est plus élevée. La valeur relative de la vivacité trouvée à 60° par Yamaga est incompatible avec la formule (3). La valeur relative de la vivacité trouvée par nous à 97° en accord avec la formule (3) est incompatible avec les formules (1) et (2). Le point qui correspond à la vivacité déterminée expérimentalement à -80° se place nettement au-dessus des trois courbes calculées, mais, comme nous l'avons fait remarquer dans la Note précédente, par suite des difficultés expérimentales ce point n'a pu être déterminé avec une grande précision.

On remarquera que la courbe 3 conduit, pour la température de 200°, à la vivacité 226 (vivacité à 18° = 100) or, en réalité, chauffées à 200° les poudres colloïdales se décomposent brusquement⁽²⁾; à cette température la vitesse de combustion doit donc être considérée comme infinie ($\int p dt = 0$); en portant en abscisses les températures et en ordonnées les valeurs de $\int p dt$, il est possible de faire passer par les points expérimentaux $\int p dt$ à 20° = 100 et par le point O à 200° une courbe qui est représentée d'une façon très satisfaisante par l'équation

$$\int p dt = 103,7 - 18,42 \frac{t}{100} - 3,96 \left(\frac{t}{100} \right)^2 - 6,38 \left(\frac{t}{100} \right)^3$$

Pour les températures voisines de la température ordinaire la vivacité augmente de 1 % pour une élévation de température de 4°. Il serait intéressant de connaître la raison pour laquelle la vivacité, dans la région des hautes températures, entre 100 et 200°, augmente plus rapidement que ne l'indique la formule (3). Peut-être ce phénomène a-t-il pour cause l'apparition, à ces températures, de réactions par chaînes. On assisterait alors au début d'un phénomène qui prend, pour un mélange à 92 % de nitroglycérine et 8 % de coton-poudre (dynamite-gomme), une importance telle que cet explosif, chauffé vers 180°, se comporte comme un explosif d'amorçage et détone au simple contact d'un fil rougi⁽³⁾.

(²) A. MICHEL-LÉVY et H. MURAOUR, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 40.

(³) Voir MURAOUR et WOHLGEMUTH, *Chim. et Indust.*, 36, 1936, p. 3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le seminitrile phénylméthylloxysuccinique (phénylméthylmaleique)*. Note ⁽¹⁾ de M. JEAN SCHREIBER, présentée par M. Marcel Delépine.

Après avoir préparé le seminitrile phénylméthylmaleique ⁽²⁾, et reconnu quelques-unes de ses propriétés, nous avons poursuivi l'étude de ce composé.

I. Nous avons indiqué que, sous l'action de l'acide chlorhydrique en milieu acétique, le seminitrile phénylméthylmaleique donnait naissance à l'anhydride phénylméthylmaleïque F 94°,5 et à un composé azoté F 171°,5. Nous avons attribué à ce dernier la structure d'un corps imide et nous pensions avoir en mains soit l'imide phénylméthylmaleique, soit l'imide phénylméthylmaleïque. Le comportement de ce corps vis-à-vis des alcalis, sous l'action desquels on obtient presque quantitativement l'anhydride phénylméthylmaleïque, nous incitait plutôt à lui attribuer une structure éthylenique.

Un examen plus approfondi permet de préciser les faits suivants : soumis, à la température du bain-marie bouillant pendant une heure, à l'action d'un mélange de 5 parties d'acide chlorhydrique concentré et de 5 parties d'acide acétique pour une partie de seminitrile phénylméthylmaleique, ce dernier a donné naissance à un mélange d'où nous avons extrait trois composés : l'anhydride phénylméthylmaleïque et deux corps azotés.

La séparation de ces corps est effectuée de la manière suivante : le mélange réactionnel est refroidi, puis additionné d'un égal volume d'eau et abandonné 24 heures à la cristallisation ; le précipité, lavé à l'eau, est essoré et séché ; il est constitué par un mélange contenant beaucoup d'anhydride phénylméthylmaleïque F 94°,5 et une faible quantité de corps azoté déjà décrit F 171°,5 ⁽¹⁾. Le filtrat, abandonné à l'évaporation spontanée ou concentré par distillation sous pression réduite, fournit de beaux cristaux d'un corps également azoté, qui, séché à 100°, fond à 154° ; il est soluble dans l'alcool ; par contre très peu soluble dans l'éther.

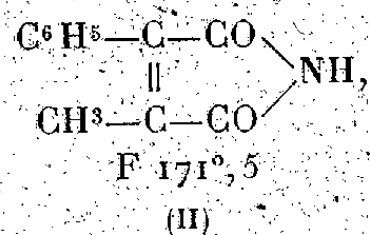
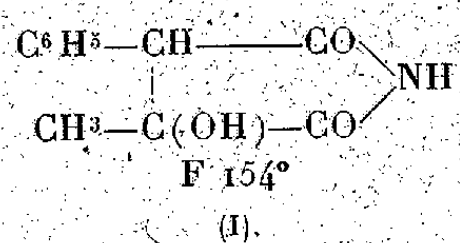
Le comportement de ce corps est tout à fait différent du précédent ; alors que le premier (F 171°,5) donne, sous l'action des alcalis à chaud, presque quantitativement de l'ammoniaque et le sel alcalin de l'acide phénylméthylmaleïque, le deuxième corps azoté (F 154°) est également insoluble dans les solutions bicarbonatées et se dissout facilement dans la soude au dixième ; mais la solution sodique ainsi obtenue, légèrement chauffée puis refroidie, abandonne un précipité d'amide phénylacétique F 158° : si, par contre, on porte la solution alcaline à l'ébullition, il y a dégagement d'ammoniaque et la solution réacidifiée par l'acide chlorhydrique laisse déposer de l'acide phényl-

⁽¹⁾ Séance du 8 janvier 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 247, 1943, pp. 353-355.

acétique; nous avons caractérisé, dans cette solution, la présence d'acide pyruvique par la réaction au nitroprussiate de sodium de Simon (*). Il y a donc, sous l'action de l'alcali, hydrolyse et coupure de la molécule au niveau de la fonction alcool tertiaire, avec formation d'amide phénylacétique et d'acide pyruvique.

Ce même composé, chauffé en milieu acéto-chlorhydrique comme le seminitrile acide-alcool initial, donne le composé azoté F 171°, 5, mélangé à très peu d'anhydride phénylméthylmaléique. Ces faits nous permettent de supposer pour les composés azotés isolés les formules suivantes (I) et (II) :



le corps (I) étant l'imide phénylméthylmalique et le corps (II) l'imide phénylméthylmaléique.

Nous avons pu confirmer ces formules par le dosage de l'azote par la méthode de Kjeedahl en opérant comparativement avec le seminitrile phénylméthylmalique. Les résultats sont les suivants :

	N %...	trouvé.	calculé.
Seminitrile phénylméthylmalique.....		6,72	6,83
Composé azoté (I), F 154°.....		6,91	6,83
» (II), F 171°5.....		7,33	7,48

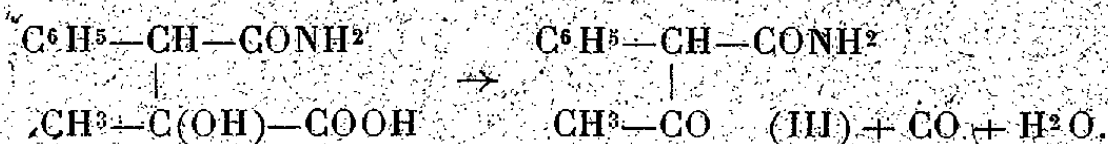
Ce dernier résultat rectifie celui indiqué dans notre précédente Note concernant la teneur en azote du composé F 171°, 5.

II. Nous avons examiné à nouveau l'action de l'acide sulfurique sur le seminitrile phénylméthylmalique. Au cours de notre précédente étude (1) nous avons remarqué que, lors de l'attaque du composé par l'acide sulfurique concentré à basse température, il y avait un léger dégagement d'oxyde de carbone. En effectuant l'opération à la température ordinaire, on constate que l'effervescence est plus abondante et le précipité obtenu après action de l'eau contient, à côté de l'amide acide-alcool correspondant au nitrile décrit dans notre précédente Note (1), un autre corps insoluble dans le bicarbonate de potassium; c'est un composé azoté, donnant, en solution alcoolique ou hydroalcoolique, une coloration violet foncé par addition d'une goutte de perchlorure de fer. Purifié par cristallisation dans l'alcool éthylique, il fond à 131°. Il est facilement soluble dans les solutions alcalines diluées et donne de l'ammoniaque à chaud. Le dosage de l'ammoniaque ainsi libérée dans un appareil de Parnas-Wagner correspond à une teneur en azote de 7,86 %.

(*) *Comptes rendus*, 125, 1897, p. 534.

Par hydrolyse acéto-chlorhydrique ce produit donne la benzylméthylcétone caractérisée par sa semicarbazone.

Le corps ainsi obtenu est l'amide α -phénylacétylacétique (III) (N % 7,91); il prend naissance à partir de l'amide acide-alcool d'après la réaction

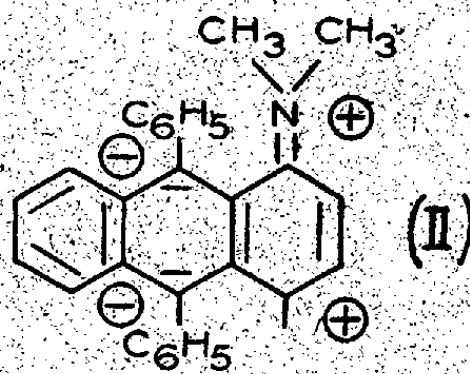
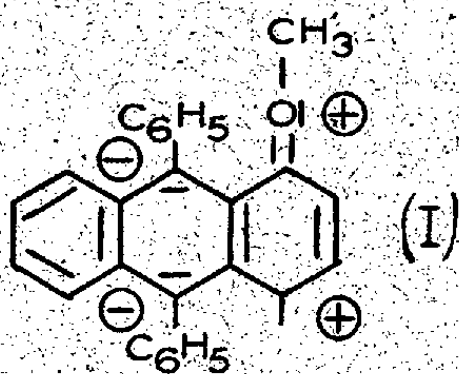


L'amide β -cétonique (III) fournit, par hydrolyse et décarboxylation, la benzylméthylcétone.

La réaction est comparable à celle obtenue dans des conditions semblables par P. Cordier et J. Moreau à partir du seminitrile phénylbenzylmalique ⁽¹⁾.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Étude de la photooxydation du diméthylamino-1-diphényl-9:10 anthracène.* Noté ⁽¹⁾ de M. ANDRÉ ALLAIS, présentée par M. Marcel Delépine.

La mobilité de l'oxygène de certains photooxydes se trouve parfois considérablement accrue par la présence de méthoxyles ⁽²⁾. On avait supposé ⁽³⁾ que cette action était due à une modification de la mésomérie, tendant à stabiliser un état électronique (I), impropre à retenir la molécule d'oxygène du photooxyde. Il était d'un intérêt tout particulier d'étudier également l'influence des fonctions aminées. En effet l'atome d'azote possède un doublet libre chimi-



quement plus actif que celui de l'oxygène, et dont la grande mobilité le rend particulièrement apte à participer à un phénomène de mésomérie. Dans ce sens, la théorie laisse prévoir que son action devrait être égale, sinon supérieure, à celle de l'oxygène. Au point de vue des formules, il existe entre les deux éléments une très grande analogie, et il est facile d'écrire pour les

⁽¹⁾ *Ibid.*, 217, 1943, p. 199.

⁽²⁾ Séance du 27 décembre 1944.

⁽³⁾ CH. DUFRAISSE et L. VELLUZ, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 9, 1942, p. 171.

⁽⁴⁾ CH. DUFRAISSE, R. DEMUYNCK et A. ALLAIS, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 487; CH. DUFRAISSE, CHR. PINAZZI et J. BAGET, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 375.

diphénylanthracènes diméthylaminés, des formules mésomères qui correspondent exactement à celles des composés méthoxylés (II).

Par ailleurs l'atome d'azote aminé peut former des composés d'addition du type $R_3NH^+ X^-$ ou $R_3N^+ X^-$. Ceci permet d'envisager facilement la suppression totale de sa participation à la mésomérie de la molécule, par immobilisation de son doublet libre. Dans cet état, le groupement serait comparable à un simple méthyle et son action devrait s'en trouver considérablement modifiée.

En vue de vérifier les diverses hypothèses qui précèdent, je me suis attaché à l'étude des mésodiphénylanthracènes aminés.

Malheureusement, du point de vue expérimental, la question présente de sérieuses difficultés, à cause de l'extrême sensibilité à l'oxygène des corps aminés, comme j'ai pu le constater déjà sur le diméthylamino-1 diphényl-9.10 anthracène. Ce composé a été préparé à partir d'amino-1 anthraquinone. Dans un premier temps, la méthylation de ce produit par le sulfate de méthyle m'a conduit sans difficulté à la diméthylamino-1 anthraquinone (F 140, 5-141°). Celle-ci a ensuite été soumise à l'action du phényllithium. La réaction est ici très rapide, et j'ai limité sa durée à 3 minutes pour éviter la formation de résines. J'ai ainsi obtenu avec un bon rendement (65 % en produit pur) le diméthylamino-1 diphényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène (F 192-193°, isomère unique). La transformation en diméthylamino-1 diphényl-9.10 anthracène a été réalisée par réduction avec l'iodure de potassium et l'acide acétique. Cette opération s'est révélée assez délicate, le produit brut étant toujours souillé d'une certaine quantité d'huiles et résines qui en rend la purification laborieuse. Une perte importante est inévitable, car, à l'état brut ou encore impur, ce composé s'altère considérablement par chauffage de ses solutions. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'acétate d'éthyle et ont donné finalement le produit pur fondant à 197-198° (rendement 50 à 55 %).

Les essais de photooxydation ont été réalisés en tenant compte des résultats déjà acquis antérieurement avec le méthoxy-1 diphényl-9.10 anthracène. Pour ce dernier, le photooxyde était déjà difficile à obtenir et on ne le tirait qu'avec un rendement relativement faible, d'une quantité importante de résine. Ici, malgré toutes les précautions qui ont cependant été prises et malgré l'emploi de solvants divers, je n'ai jamais pu observer après exposition qu'une altération plus ou moins poussée, conduisant à des résines qu'il m'a été impossible de faire cristalliser.

Le chauffage sous vide de ces résines n'a donné qu'une quantité insignifiante d'oxygène.

En outre je n'ai pu utiliser le chlorhydrate, qui se dissocie spontanément et n'existe qu'en présence d'acide chlorhydrique.

Quant à l'iodure d'ammonium quaternaire, il ne m'a pas été possible de

l'obtenir sur ce produit, ce qui n'est pas étonnant, étant donnée la position particulièrement défavorable du point de vue de l'encombrement spatial.

En définitive on ne peut tirer de conclusion ferme concernant la photo-oxydation du diméthylamino-1 diphenyl-9, 10 anthracène. Rien ne prouve cependant que le photooxyde ne se forme pas réellement à la lumière. Dans ce cas il faudrait supposer qu'il serait très instable, et que le simple retour à l'obscurité en amènerait la décomposition, avant même que le traitement n'ait permis de l'isoler. Cette hypothèse confirmerait d'ailleurs l'idée primitive, selon laquelle la présence de la fonction amine accroîtrait la facilité de décomposition du photooxyde. Malheureusement, il n'y a là qu'une supposition difficile à vérifier, étant donné que les observations sont gênées par la résinification trop rapide de ce produit.

La séance est levée à 15^h 45^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur ANDRÉ PAILLOT,
par M. LOUIS LAPICQUE.

La Section d'Économie rurale déplore la perte prématurée de André Paillot que l'Académie avait élu Correspondant il y a juste une année et dont le travail, d'une haute qualité scientifique, apportait, depuis 30 ans et plus, d'intéressantes contributions aux techniques par lesquelles nous asservissons à nos besoins les animaux et les plantes. Il était Directeur de la Station de Zoologie agricole du Sud-Est, à Saint-Genis-Laval (Rhône) et Directeur du Laboratoire de Pathologie des Invertébrés, créé pour lui par l'École des Hautes Études à la Faculté de Médecine de Lyon.

D'abord membre du corps enseignant primaire, puis boursier de licence, Paillot a été l'élève successivement de nos regrettés Confrères Bouvier et Marchal, pour l'étude des Insectes; puis, sur le conseil de ses Maîtres, de l'Institut Pasteur pour l'étude des microbes et des virus. Ainsi préparé, il s'est consacré à l'étude des maladies des Insectes, dans une double direction, les soins aux Insectes utiles, l'extermination des Insectes nuisibles. Cette orientation pratique, ainsi qu'il arrive toujours, quand on s'y livre avec un esprit vraiment scientifique, soulevant des problèmes nouveaux, a été l'occasion, pour André Paillot, de multiples découvertes d'un intérêt général.

Les infections microbiennes, chez les Insectes, présentent des aspects particuliers. Chez ces animaux, les Bactéries sont fréquentes, d'espèces variées, et surtout polymorphes, plastiques; au cours de leurs transformations, Paillot a pu recueillir des informations pénétrantes sur la structure intime de ces parasites. D'autre part la réaction antibactérienne des sujets parasités a donné lieu à des observations curieuses éclairant, justement parce qu'elles sont différentes de ce qu'on connaît chez les Vertébrés, divers mécanismes de l'immunité, notamment la phagocytose.

Plus curieuses encore sont les observations sur les ultravirus des Insectes. Notamment, la grasserie, maladie fréquente chez les Vers à soie, est due à un ultravirus qui se développe dans les noyaux des cellules et y cristallise sous

forme de polyèdres; sous cette forme, qui évoquerait l'inertie des minéraux, il garde toute sa virtualité biologique. Paillot a apporté à cette étude d'intéressantes contributions.

Au point de vue pratique, il s'est convaincu que les virus sont beaucoup plus dangereux pour les Insectes que les Microbes, et beaucoup plus capables de servir à l'Homme dans sa lutte contre les Insectes nuisibles. Paillot a étudié les moyens de les propager. Il s'est occupé aussi de les combattre quand ils s'attaquent aux Vers à soie. Sur ce point, j'emprunterai l'appréciation suivante à E. Roux : « Son œuvre est considérable et peut être regardée comme la continuation de Pasteur ».

D'autre part les diverses espèces d'Insectes se font la guerre et s'entre-détruisent. Si l'on veut utiliser rationnellement pour l'Agriculture ces rivalités, cela soulève une intéressante question de Biologie générale, l'équilibre des populations animales. Paillot y a apporté de notables contributions.

Pour insister sur la partie scientifique de son activité, j'en ai laissé de côté toute la part essentiellement pratique, procédés de désinfection des arbres fruitiers, formules de solutions insecticides, pompes à grand débit pour leur pulvérisation etc., mais il faut rendre justice à la valeur d'une telle activité chez un savant.

Son œuvre est exposée, non seulement dans de nombreux Mémoires, mais aussi dans deux volumes de synthèse, *Traité des maladies du Ver à soie*, *L'Infection chez les Insectes*, qui font autorité; elle présente d'une façon éminente la réunion de recherches scientifiques et de préoccupations agricoles qui constitue l'Agronomie, au vrai sens du mot.

M. le **PRÉSIDENT** est chargé de représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu au Champ de Mars, le 16 février, pour le rétablissement sur son socle du buste du Général FERRIE.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1945, ouvert en la séance du 5 février, est clos en celle du 12 février.

42 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. **MATHÉMATIQUES** : *Prix Carrière, Victor Thébault*. — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. **MÉCANIQUE** : *Prix Montyon, Henri de Parville, Pierson-Perrin*. — MM. Ém. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, N...

III. ASTRONOMIE : *Prix Lalande*. — MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

IV. GÉOGRAPHIE : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux*. — MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne.

V. NAVIGATION : *Prix Plumey*. — MM. R. Bourgeois, Em. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, Ch. Fabry, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, N....

VI. PHYSIQUE : *Prix François Hébert, Henri de Parville, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie, fondation Clément Félix*. — MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, N....

VII. CHIMIE : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard*. — MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, M. Tiffeneau, P. Jolibois.

VIII. MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE : *Prix Cuvier, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet, Carrière*. — MM. A. Lacroix, A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, A. Michel-Lévy, N....

IX. BOTANIQUE : *Prix Montagne, de Coigny, Carrière*. — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, N....

X. ÉCONOMIE RURALE : *Prix Nicolas Zvorikine, Lac*. — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapiqué, R. Fosse, Em. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

XI. ANATOMIE ET ZOOLOGIE : *Fondation Savigny, prix Pouchard*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, Em. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier.

XII. ANTHROPOLOGIE : *Prix André-C. Bonnet*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapiqué, Ch. Pérez, L. Fage, R. Courrier.

XIII. MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret*. — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapiqué, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet, Ch. Laubry, N..., N....

XIV. CANCER ET TUBERCULOSE : *Prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapique, E. Sergent, G. Roussy, J. Jolly, L. Binet.

XV. PHYSIOLOGIE : *Prix Montyon, Martin-Damourette, Fanny Emden*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapique, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet.

XVI. STATISTIQUE : *Prix Montyon*. — MM. A. Lacroix, Em. Borel, Ch. Fabry, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, P. Montel.

XVII. HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES : *Prix Binoux*. — MM. A. Lacroix, Em. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel.

XVIII. OUVRAGES DE SCIENCES : *Prix Henri de Parville*. — MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie et trois membres élus : MM. Em. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

XIX. *Médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré*. — MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie.

XX. *Fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, M^{me} Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau*. — MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, G. Bertrand.

XXI. *Prix fondé par l'État (GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES)*. — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXII. *Prix Bordin (SCIENCES MATHÉMATIQUES)*. — MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

XXIII. *Prix Lallemant*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapique, Ch. Pérez, P. Portier, M. Tiffeneau, L. Binet.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy (SCIENCES MATHÉMATIQUES)*. — MM. Em. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

XXV. *Prix Le Conte*. — MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXVI. *Prix Parkin*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, L. Lapique, M. Javillier, M. Tiffeneau, L. Binet.

XXVII. *Prix Saintour (SCIENCES MATHÉMATIQUES)*. — MM. Em. Borel,

A. Cotton, Ch. Fabry, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel.

XXVIII. *Prix Jules Mahyer*. — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Fage, R. Courrier.

XXIX. *Prix Lonchampt*. — MM. A. Lacroix, Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

XXX. *Prix Henry Wilde*. — MM. H. Deslandres, A. Lacroix, Ém. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

XXXI. *Prix Charles Dupin*. — MM. Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXXII. *Prix Marquet* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Caullery, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXXIII. *Prix Général Muteau* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXXIV. *Prix Alexandre Darracq*. — MM. A. Lacroix, M. Delépine, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, J. Pères, L. Hackspill.

XXXV. *Prix Laura Mounier de Saridakis*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, R. Courrier.

XXXVI. *Prix Marie-Guido Triossi* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, M. Delépine, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, M. Tiffeneau, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier.

XXXVII. *Fondation Aimé Berthé* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, H. Vincent, L. Guillet, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXXVIII. *Fondation Millet-Ronssin*. — MM. A. Lacroix, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, P.-A. Dangeard, A. Guilliermond, Ch. Pérez, Ém. Roubaud.

XXXIX. *Fondation Villemot*. — MM. M. Caullery, É. Cartan, A. Lacroix, L. de Broglie, et douze membres qui seront élus ultérieurement.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITES. — *Sur le mode de tirages contagieux.*Note ⁽¹⁾ de M. **RENÉ RISSER**, présentée par M. Émile Borel.

Nous nous proposons ici de transposer dans l'espace le schéma si ingénieux d'une urne simple dû à M. Pólya; nous considérons à cet effet une urne renfermant des boules bleues, blanches et rouges, en nombres respectifs R , S , T , avec $R + S + T = N$, et supposons qu'après chaque tirage l'on remette dans l'urne $(1 + \Delta)$ boules de la même couleur que celle de la boule extraite. Nous procédons à n tirages, dont x font apparaître des boules bleues, y des boules blanches et $z = n - (x + y)$ boules rouges; posons

$$\frac{R}{N} = \rho, \quad \frac{S}{N} = \sigma, \quad \frac{T}{N} = \tau \quad \text{et} \quad \frac{\Delta}{N} = \delta.$$

La probabilité cherchée $p_{x,y,z}$ a pour valeur

$$(1) \quad p_{x,y,z} = \frac{n!}{x!y!z!} \times \frac{[R(R+\Delta)\dots(R+x-1\Delta)][S(S+\Delta)\dots(S+y-1\Delta)][T(T+\Delta)\dots(T+z-1\Delta)]}{N(N+\Delta)\dots(N+n-1\Delta)},$$

ou encore

$$(1') \quad p_{x,y,z} = \frac{\binom{\frac{\rho}{\delta} + x - 1}{x} \binom{\frac{\sigma}{\delta} + y - 1}{y} \binom{\frac{\tau}{\delta} + z - 1}{z}}{\binom{\frac{1}{\delta} + n - 1}{n}};$$

on constate facilement que $\sum p_{x,y,z} = 1$.

Si le tirage $p_{x,y,z}$ correspond à la plus grande probabilité, c'est-à-dire sous les conditions

$$p_{x,y,z} > p_{x,y-1,z} \quad \text{et} \quad p_{x,y,z} > p_{x,y+1,z},$$

on trouve que

$$n\sigma - h_1 < y < n\sigma - h_2 \quad \text{avec} \quad h_1 = \frac{(1+n\delta)(1-\sigma)}{1-\delta} \quad \text{et} \quad h_2 = \frac{n\delta(1-\sigma)}{1-\delta}.$$

On procède au calcul de l'espérance mathématique et de l'écart quadratique de x , en déterminant

$$E\left\{\frac{x(x-1)\dots(x-k+1)}{k!}\right\} = E\left(\frac{x}{k}\right) = \sum \binom{x}{k} p_{x,y,z}$$

⁽¹⁾ Séance du 27 décembre 1944.

faisant état de relations simples de l'analyse combinatoire, on obtient les résultats suivants :

$$E(x) = n\rho, \quad E[x(x-1)] = n(n-1)\rho \frac{(\rho+\delta)}{1+\delta},$$

$$\sigma_x^2 = E(x^2) - [E(x)]^2 = \frac{n(1-\rho)(1+n\delta)}{1+\delta}.$$

Si, dans la valeur de $p_{x,y,z}$ qui peut encore s'écrire

$$(2) \quad p_{x,y,z} = \frac{n!}{x!y!z!} \frac{\left(\frac{\rho}{\delta} + x\right)! \left(\frac{\sigma}{\delta} + y\right)! \left(\frac{\tau}{\delta} + z\right)!}{\left(\frac{\rho}{\delta}\right)! \left(\frac{\sigma}{\delta}\right)! \left(\frac{\tau}{\delta}\right)!} \times \frac{\frac{\rho\sigma\tau}{\delta^3} \left(\frac{1}{\delta}\right)! \left(\frac{1}{\delta} + n\right)}{\left(\frac{\rho}{\delta} + x\right) \left(\frac{\sigma}{\delta} + y\right) \left(\frac{\tau}{\delta} + z\right) \left(\frac{1}{\delta} + n\right)! \frac{1}{\delta}},$$

on pousse le développement de $\log(n!)$, jusqu'au terme en $1/12n$, ainsi que celui des autres factoriels, on aboutit pour $p_{x,y,z}$ à l'expression

$$(3) \quad p_{x,y,z} = \frac{1}{2\pi n \sqrt{\rho\sigma\tau(1+d)}} e^K,$$

où dans K figurent des termes en l_i , avec $i = (1, 2)$ et $j = (1, 2, 3, 4)$.

Si maintenant l'on pose $l_1 = \mathcal{X}\sqrt{n}$, $l_2 = \mathcal{Y}\sqrt{n}$, et si l'on fait croître n indéfiniment, on aboutit à l'expression suivante de $p_{x,y,z}$:

$$(3') \quad p_{x,y,z} = \frac{1}{2\pi n(1+d)\sqrt{p_1 p_2 p_3}} e^{-\frac{2}{p_1 p_2 p_3(1+d)}(p_2 q_3 x^2 + p_1 q_1 y^2 + 2p_1 p_2 xy)},$$

Cas spéciaux afférents à l'examen de tirages contagieux. — 1° Les grandeurs ρ et σ sont finies; quant à τ et δ , elles sont très petites et, lorsque $n \rightarrow \infty$, $n\tau$ et $n\delta$ tendent respectivement vers h et d .

Un calcul analogue à celui préconisé ci-dessus conduit à la valeur suivante de $p_{x,y,z}$:

$$p_{x,y,z} = \frac{h(h+d) \dots (h+z-1d)}{z!(1+d)^{z+\frac{h}{d}} \sqrt{2\pi n \rho \sigma (1+d)}} e^{-\frac{1}{2(1+d)}\left(\frac{x^2}{\rho} + \frac{y^2}{\sigma}\right)},$$

après avoir posé $x = n\rho + l_1$, $y = n\sigma + l_2$, puis $l_1 = \mathcal{X}\sqrt{n}$, $l_2 = \mathcal{Y}\sqrt{n}$.

Au cas où d tend vers zéro, c'est-à-dire lorsque, Δ étant fini, n est infiniment grand, mais de l'ordre de $N^{1-\mu}$, avec $0 < \mu < 1$, on remarque que

$$\lim_{d \rightarrow 0} p_{x,y,z} = \frac{h^z}{z! \sqrt{2\pi n \rho \sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\rho} + \frac{y^2}{\sigma}\right)} e^{-h},$$

2° Seule la probabilité ρ est finie et voisine de 1, et les grandeurs σ et τ sont

telles que, pour $n \rightarrow \infty$, $\lim n\sigma = h_2$, $\lim n\tau = h_3$, $n\delta = d$; dans ces conditions

$$p_{x,y,z} = \frac{1}{\sqrt{\rho}} e^{-\frac{h^2}{2n\rho(1+d)}} \frac{[h_2(h_2+d) \dots (h_2+y-1d)][h_3(h_3+d) \dots (h_3+z-1d)]}{y!z!(1+d)^{y+z}(1+d)^{\frac{n(1-\rho)}{d}}},$$

en supposant que $d \rightarrow 0$ quand $n \rightarrow \infty$, on voit, que, si les grandeurs h_2 et h_3 sont finies,

$$\lim p_{x,y,z} = \frac{1}{\sqrt{\rho}} e^{-\frac{h^2}{2n\rho}} \frac{h_2^y h_3^z}{y!z!} e^{-(h_2+h_3)}.$$

On pourrait facilement généraliser ce dernier résultat.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Vérification de l'efficacité d'une méthode d'analyse factorielle*. Note (1) de M. **PIERRE DELAPORTE**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons proposé (2) une nouvelle méthode d'analyse factorielle destinée à décomposer les corrélations qui existent entre l caractères A, B, C, ..., L mesurés sur chacun des n individus d'un échantillon en une combinaison linéaire d'un *facteur général* commun à tous les caractères, de plusieurs *facteurs de groupes* communs à certains caractères seuls et de *facteurs spécifiques* en nombre l propres à chacun des caractères mesurés, tous ces facteurs étant statistiquement indépendants les uns des autres.

Une telle méthode d'analyse factorielle n'est évidemment intéressante pratiquement qu'à la condition suivante : si un ensemble de caractères est réellement lié par une combinaison linéaire de facteurs indépendants, cette méthode doit permettre de retrouver le schéma de liaison et les facteurs et non pas d'autres schémas et d'autres facteurs; d'après les mesures de chacun des caractères, faites sur un nombre d'individus n assez petit, ces mesures pouvant être entachées d'erreurs.

Dans les divers travaux de recherches auxquels une telle méthode d'analyse factorielle peut être appliquée, on ne connaît aucun des facteurs, ni quels sont les caractères liés par des facteurs de groupes. Le premier travail consiste donc à rechercher quel est le schéma de facteurs qui permet de rendre compte des corrélations observées entre les divers caractères en tenant compte des erreurs d'échantillonnage.

Afin que l'expérience de vérification de la méthode soit aussi probante que possible, M^{lle} D. Weinberg (3), qui avait désiré qu'une telle vérification fût faite, a organisé un schéma, resté secret pour moi, de 12 caractères A, B, C, ..., L provenant d'un facteur général Γ , de 3 facteurs de groupes α , β , γ , et de 12 facteurs spécifiques ε_A , ε_B , ..., ε_L . Puis on a constitué artificiellement les

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1960; 209, 1939, p. 142.

(3) Voir la Note ci-après.

résultats des mesures des 12 caractères sur 300 individus en déterminant pour chaque individu les 16 facteurs par le jet de dés à jouer, puis en les composant selon le schéma de liaison. On a ainsi obtenu le tableau suivant des coefficients de corrélation totale entre les caractères :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.	J.	K.	L.
A.....	-	0,696	0,680	0,783	0,279	0,100	0,528	0,399	0,543	0,120	0,548	0,185
B.....	0,696	-	0,466	0,920	0,149	0,037	0,248	0,180	0,259	0,005	0,255	0,092
C.....	0,680	0,466	-	0,641	0,456	0,143	0,846	0,600	0,887	0,122	0,896	0,335
D.....	0,783	0,920	0,641	-	0,235	0,051	0,433	0,335	0,467	0,093	0,459	0,171
E.....	0,279	0,149	0,456	0,235	-	0,682	0,597	0,651	0,474	0,143	0,479	0,177
F.....	0,100	0,037	0,143	0,051	0,682	-	0,424	0,635	0,174	0,119	0,184	0,030
G.....	0,528	0,248	0,846	0,433	0,597	0,424	-	0,847	0,908	0,379	0,866	0,349
H.....	0,399	0,180	0,600	0,335	0,651	0,635	0,847	-	0,739	0,592	0,636	0,224
I.....	0,543	0,259	0,887	0,467	0,474	0,174	0,908	0,739	-	0,377	0,891	0,364
J.....	0,120	0,005	0,122	0,093	0,143	0,119	0,379	0,592	0,377	-	0,155	0,071
K.....	0,548	0,255	0,896	0,459	0,479	0,184	0,866	0,636	0,891	0,155	-	0,360
L.....	0,185	0,092	0,335	0,171	0,177	0,030	0,349	0,224	0,364	0,071	0,360	-

M^{me} Weinberg m'a donné ce tableau de corrélations sans aucune indication sur le nombre des facteurs ou sur la forme du schéma. J'ai procédé alors à la décomposition de ces corrélations selon la méthode d'analyse factorielle que j'avais proposée. Ce travail a été fait au moyen d'un abaque formé pour 300 individus, donnant les limites entre lesquelles doit se trouver la vraie valeur ρ_{AJ}/ρ_{BJ} du rapport des coefficients de corrélation observés r_{AJ}/r_{BJ} avec une probabilité comprise entre 0,99 et 0,9, ainsi qu'il était indiqué dans notre seconde Note.

Dès la première approximation, obtenue par des procédés de calcul grossiers mais rapides, sans application de la méthode des moindres carrés, j'ai retrouvé le facteur général Γ et les 3 facteurs de groupes α , β , γ avec les coefficients de corrélation entre tests et facteurs qui sont indiqués dans le tableau suivant où ils sont comparés aux coefficients théoriques qui formaient le schéma de départ.

Facteur.	Coefficients théoriques				Coefficients obtenus par analyse			
	Γ .	α .	β .	γ .	Γ .	α .	β .	γ .
A.....	0,577	0,577	-	-	0,550	0,628	-	-
B.....	0,236	0,943	-	-	0,249	0,905	-	-
C.....	0,943	0,236	-	-	0,884	0,283	-	-
D.....	0,436	0,873	-	-	0,459	0,864	-	-
E.....	0,577	-	0,577	-	0,513	-	0,551	-
F.....	0,236	-	0,943	-	0,180	-	1,0	-
G.....	0,918	-	0,229	0,229	0,981	-	0,198	0,039
H.....	0,757	-	0,471	0,471	0,694	-	0,505	0,476
I.....	0,943	-	-	0,236	0,968	-	-	0,082
J.....	0,236	-	-	0,943	0,225	-	-	1,0
K.....	0,949	-	-	-	0,944	-	-	-
L.....	0,316	-	-	-	0,358	-	-	-

On constate ainsi, dès la première application de cette méthode, que le schéma est exact et que les coefficients de corrélation des facteurs avec les tests sont voisins des coefficients théoriques, les différences pouvant être attribuées aux erreurs d'échantillonnage et à l'imprécision du procédé de calcul. Une seconde approximation obtenue par la méthode des moindres carrés donnerait une approximation meilleure.

Cette vérification met en lumière l'objectivité de cette méthode, qui permet de retrouver le schéma réel même lorsqu'il existe des erreurs d'échantillonnage et des erreurs de mesure des caractères, sans laisser de place à l'intervention personnelle du calculateur, ce qui n'est pas le cas des méthodes d'analyse factorielle à facteurs multiples habituellement en usage.

BIOMÉTRIE. — *Une expérience de contrôle des méthodes d'analyse factorielle.*

Note (1) de M^{lle} **DAGMAR WEINBERG**, présentée par M. Émile Borel.

Les méthodes d'analyse factorielle, dont l'emploi se répand de plus en plus en psychologie différentielle et en biotypologie, ont pour objet, comme on sait, de disséquer la complexité des caractères, le mot *caractères* étant pris dans le sens auquel l'emploie la génétique, en traitant une mesure complexe comme une fonction linéaire d'entités hypothétiques les plus simples appelées *facteurs* supposés indépendants entre eux et inaccessibles à l'expérimentation psychologique ou physiologique directe.

Soient a_1, b_1, c_1 les facteurs dont se compose un caractère complexe mesuré au moyen d'un test t_1 ; soient a_2, b_2, c_2 les facteurs d'un autre caractère mis en évidence par un autre test t_2 ; soient $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ et $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \dots$ les *saturations* de ces facteurs dans t_1 et t_2 respectivement, c'est-à-dire les corrélations entre ces facteurs et les mesures globales de t_1 et t_2 de sorte que

$$\alpha_1 = Y_{a_1 t_1}, \quad \alpha_2 = Y_{a_2 t_1}, \quad \beta_1 = Y_{b_1 t_1}, \dots$$

on démontre aisément que, si les facteurs sont indépendants les uns des autres (c'est-à-dire si $Y_{ab} = Y_{ac} = Y_{bc} = 0$), alors les corrélations entre les mesures des caractères complexes sont égales à la somme des produits des saturations factorielles

$$(1) \quad Y_{t_1 t_2} = \alpha_1 \alpha_2 + \beta_1 \beta_2 + \gamma_1 \gamma_2.$$

S'appuyant sur cette équation fondamentale, diverses méthodes d'analyse factorielle ont été proposées ayant toutes pour but de découvrir les saturations factorielles inconnues de facteurs hypothétiques à partir des corrélations connues entre les mesures globales des divers caractères.

Les auteurs des mesures d'analyse factorielle ont justifié leurs procédés par

(1) Séance du 27 décembre 1944.

des démonstrations ou considérations mathématiques, d'ailleurs avec une rigueur inégale, et en ont tenté l'utilisation par l'analyse des ensembles de corrélations établies sur divers tests biotypologiques appliqués à différents groupes de personnes.

Il nous a semblé que, avant d'en accepter les résultats, les différentes méthodes d'analyse factorielle pouvaient et devaient être utilement vérifiées par une expérience de contrôle en prenant le chemin entièrement différent de celui qui a été suivi jusqu'à présent (et qui doit continuer à être suivi normalement au cours d'une analyse factorielle, mais après que les contrôles que nous suggérons auront été effectués).

Il faut partir d'une structure factorielle artificiellement construite et connue d'avance, de sorte que l'exactitude et la précision du résultat auquel aboutit l'analyse, au lieu d'être acceptées simplement en vertu de considérations générales et vagues, puisse être expérimentalement contrôlé par confrontation avec le schéma factoriel réel, qui, dans cette expérience, serait à l'avance parfaitement connu.

Nous avons donc conçu un schéma factoriel, avec un facteur général et 3 facteurs de groupe (sur 12 tests), réalisé expérimentalement par lancement de dés, tous les facteurs utilisés c'est-à-dire 4 facteurs communs et les 12 facteurs spécifiques et d'erreurs étant représentés chacun par un dé, et l'inégale saturation des divers facteurs dans les divers tests étant réalisée en comptant plusieurs fois le chiffre sorti sur un même dé, conformément aux coefficients de pondération choisis d'avance.

Les corrélations entre les 12 tests ont vérifié de façon satisfaisante l'équation (1), l'écart entre les corrélations calculées sur les données empiriques de 300 tirages et les corrélations théoriques prévues à partir des équations (1) et (2) étant en moyenne de 0,03.

Les analyses factorielles (méthode de Thurstone, de Spearman-Delaporte, de Tryon) par des personnes ignorant le schéma réel, dont il est et sera rendu compte ailleurs, ont montré la très inégale valeur des différentes méthodes et la nécessité de tels contrôles.

La méthode de Thurstone, en particulier, a abouti dans la partie objective et sur les corrélations théoriques dont M. Krauss a effectué les calculs⁽²⁾ et indépendamment de toute rotation des axes, rotation pour laquelle le jugement du chercheur et son habileté personnelle interviennent et dont les conclusions peuvent de ce chef être en partie discutées aux résultats dont la précision laisse beaucoup à désirer : 5 facteurs communs au lieu de 4, absence de facteur général, communalités indiquées au tableau.

De telles vérifications semblent nécessaires, avec exploration des divers types de schémas.

(²) L. L. THURSTONE, *The Vectors of Mind*, Chicago, U. S. A., 1935.

Étude des COMMUNALITÉS.

(Somme des carrés des saturations des facteurs significatifs.)

Test.	Sur schéma supposé connu.			Sur schéma supposé inconnu par l'analyse Thurstone.	
	Théoriques (A).	Observées ⁽³⁾ (B).	Différences A — B.	C.	Différences A — C.
1.....	0,67	0,69	—0,02	0,72	—0,05
2.....	0,94	0,90	0,04	0,90	0,04
3.....	0,94	0,89	0,05	0,96	—0,02
4.....	0,95	0,96	—0,01	0,98	—0,03
5.....	0,67	0,60	0,07	0,81	—0,14
6.....	0,94	1,07	—0,13	0,65	0,29
7.....	0,95	0,94	0,01	0,98	—0,03
8.....	0,94	0,99	—0,05	1,05	—0,11
9.....	0,94	0,96	—0,02	1,00	—0,06
10.....	0,94	0,91	0,03	0,51	0,43
11.....	0,90	0,92	—0,02	0,90	0,00
12.....	0,10	0,13	—0,03	0,13	—0,03

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Un dispositif à lecture électrique directe de mesures des tensions entre deux sphères.* Note ⁽¹⁾ de M. OLEG YADOFF, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons indiqué ⁽²⁾ les inconvénients qui se présentent encore actuellement lors des mesures des hautes tensions au moyen des éclateurs à sphères. Parmi les inconvénients les plus graves il y a lieu de mentionner : 1° les oscillations perturbatrices qui prennent naissance après la décharge d'un éclateur à sphères et qui se propagent le long d'une ligne en se superposant aux surtensions du circuit complet; l'infidélité de fonctionnement due à l'échauffement de l'atmosphère entre les sphères, cet échauffement favorisant la formation des molécules de vapeur, d'où l'accroissement du degré d'ionisation, modifiant ainsi, dans des proportions appréciables, les conditions physiques de production d'une nouvelle étincelle. Il est également à noter que la déformation du champ électrique contournant les sphères, surtout à l'endroit de leur fixation sur les supports isolants, présente un grave inconvénient et empêche comme les inconvénients ci-dessus spécifiés, l'obtention de bonnes mesures.

Dans la Note déjà mentionnée, nous avons décrit un dispositif expérimental permettant de remédier, en partie et dans certaines conditions en totalité, à

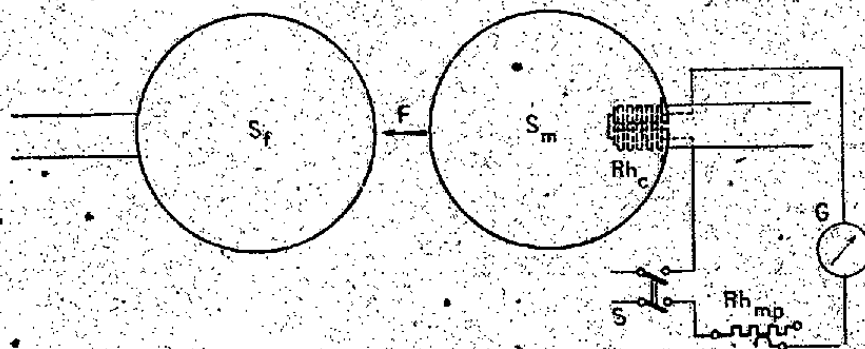
⁽³⁾ Par démembrement des corrélations observées à l'aide d'une formule dérivée par Delaporte de la formule de Spearman pour l'estimation de g et applicable dans le cas des facteurs de groupe.

⁽¹⁾ Séance du 5 février 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 37.

l'inconvénient dû à la déformation du champ électrique. Dans la présente Note nous montrons comment on peut remédier aux inconvénients ci-dessus rappelés en employant un dispositif dont une des deux sphères est rendue mobile et est supportée par un rhéostat constitué par un assemblage de petites rondelles en charbon. L'emploi d'une sphère mobile est déjà connu. La première idée d'utilisation d'une sphère mobile remonte, à notre connaissance, aux travaux de M. Aubert et A. Guillet⁽³⁾, qui ont réalisé l'électromètre plan-sphère; dans cet appareil la sphère, étant mobile, est attirée par le plan fixe connecté à un des pôles de la source à mesurer. Cet électromètre donne d'excellents résultats pour les mesures des tensions électrostatiques relativement faibles. Pour les tensions employées industriellement on a réalisé dernièrement les dispositifs comportant une sphère mobile suspendue au-dessus d'une sphère fixe au moyen d'un simple ressort électriquement isolé de la masse. De tels dispositifs présentent toutefois encore quelques inconvénients qui incombent surtout au système de ressort : déformations rémanentes plus ou moins sensibles en fonction du nombre d'extensions et déformations passagères dues aux variations de la température. Les fortes déformations rémanentes peuvent être en partie évitées par emploi d'un ressort à moment d'inertie très grand, mais dans ce cas l'appareil devient insensible aux faibles variations de tension et exige l'emploi d'autres artifices. De plus, lorsque la masse des sphères est assez grande et lorsque l'extension du ressort est faible, la vitesse d'attraction de la sphère mobile par la sphère fixe est très petite, ce qui rend difficile la lecture d'un index mécanique ou optique dont le dispositif est pourvu.

Dans le dessein d'obvier à tous ces inconvénients, nous avons envisagé le remplacement du ressort et du système indicateur mécanique ou optique par



un dispositif électrique. Le ressort extérieur est remplacé par un groupe de rondelles en charbon placées à l'intérieur d'une des sphères d'essai conformément à la représentation schématique de la figure ci-dessus. Empilées les unes sur les autres, ces rondelles (faites d'une pâte de charbon rendue aussi homogène que possible) constituent un véritable rhéostat intercalé dans le circuit

(³) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 139; 156, 1912, p. 458; 157, 1913, p. 367.

de mesure qui comprend aussi un galvanomètre ou un ampèremètre, en remplacement de l'indication mécanique ou optique.

La variation de résistance se fait par simple modification de la pression sur les rondelles. Une très faible pression suffit pour réaliser de très fortes variations de résistance. En l'absence de pression ces rondelles, ne supportant que le poids de la sphère, se touchent à peine et le rhéostat présente le maximum de résistance. A la moindre attraction de la sphère mobile S_m , les rondelles se touchent davantage et ont pour effet de diminuer la résistance. La résistance est minimum lorsque la pression de la sphère mobile exercée sur les rondelles est maximum. A ce moment les rondelles réalisent le plein contact. On les prépare facilement de telle sorte que le charbon reste toujours dans les limites de ses déformations élastiques parfaites. Nous avons réalisé aisément des variations de résistance dans le rapport de 1 à 40, correspondant à l'intensité du courant variant de 3 à 70 amp. De cette façon les plus faibles attractions entre les sphères, indécélables par les moyens actuellement existants, sont immédiatement traduites par les indications d'un ampèremètre. La sphère mobile peut être placée aussi bien horizontalement que verticalement, et dans ce dernier cas elle peut être située en dessus ou en dessous de la sphère fixe.

La graduation de l'appareil de mesure électrique se fait, par exemple, en remarquant que la force d'attraction, qui s'exerce entre deux sphères de 50 cm de diamètre à la distance de 25 cm , est de 100^s pour une tension de 300 kV et de 800^s pour les sphères de 100 cm de diamètre soumises à la tension de 1000 kV à la distance de 75 cm . L'appareil ainsi conçu peut être appliqué aux mesures de tensions allant jusqu'à 1 million de volts.

Le dispositif que nous venons de décrire, applicable aux tensions alternatives et continues, semble être en mesure d'éliminer les inconvénients ci-dessus signalés des éclateurs à sphères fixes et de ceux comprenant une sphère mobile suspendue au moyen d'un ressort mécanique. Contrairement aux appareils précédents il permet les mesures ininterrompues et les relevés des résultats expérimentaux montrent la parfaite fidélité de son fonctionnement. Il doit réaliser des gains notables du temps d'expérience ainsi que l'économie en énergie électrique.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveau système de bandes de la molécule d'azote.*

Note (1) de M. **JOSEPH JANIN**, présentée par M. Charles Fabry.

Un nouveau système de bandes de la molécule d'azote a pu être identifié en faisant varier progressivement la pression dans un tube contenant de l'azote pur traversé par l'effluve électrique; son intensité s'accroît à mesure que la pression diminue à partir de la pression atmosphérique. Certaines bandes sont

(1) Séance du 22 janvier 1945.

difficiles à observer, par suite de leur proximité avec celles, beaucoup plus intenses, du deuxième système positif. Deux d'entre elles ont cependant été déjà signalées par M^{me} R. Herman (²). Ces deux bandes, et quatre autres entièrement nouvelles, qui sont toutes dégradées vers les courtes longueurs d'onde, peuvent être classées en une progression unique, comme l'indique le tableau suivant.

ν'	ν''	0.	1.	2.	3.	4.	5.
σ	λ (Å, air...)	2827,15	2966,9	3118,5	3283,3	3463,4	3661,0
	ν (cm ⁻¹)...	35361	33696	32058	30448	28865	27307
		1665	1638	1610	1583	1558	

Les nombres d'ondes correspondant aux arêtes présentent, à 1 cm⁻¹ près, les mêmes écarts que les niveaux de vibration de l'état $a' \prod_u$, commun au système de Lyman et au système de bandes dégradées vers les grandes longueurs d'onde récemment découvert (³). Le niveau inférieur des nouvelles bandes n'est donc autre que cet état. La distribution des arêtes est bien représentée par la formule

$$\nu = 35361 - (1678,7 \nu'' - 13,35 \nu''^2 - 0,04 \nu''^3).$$

Si l'on admet que la progression correspond réellement au niveau $\nu' = 0$ de l'état électronique supérieur, celui-ci doit se trouver à 104 317,6 cm⁻¹ au-dessus de l'état fondamental $X' \sum_g$. Il coïncide donc très sensiblement avec le plus bas des niveaux c des bandes de Birge-Hopfield, 104 318,7 cm⁻¹ (⁴). Toutefois son identification avec le niveau précédent se heurte à deux difficultés :

1° Elle est en opposition avec la règle de sélection rigoureuse relative à la symétrie des états entrant en combinaison dans le cas d'une molécule formée d'atomes identiques. Les niveaux inférieurs étant \sum_g (bandes de Birge-Hopfield) et \prod_u (nouveau système), les niveaux supérieurs devraient être de symétrie opposée; sinon l'une des transitions serait interdite comme *radiation de dipôle électrique*.

2° Les bandes de Birge-Hopfield étant dégradées vers les grandes longueurs d'onde, la constante de rotation B'_0 du niveau c est inférieure à celle du niveau \sum_g . D'après Watson et Koontz (⁵), elle serait égale à 1,159. Au

(²) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1944 (communication privée).

(³) M^{mes} R. HERMAN et L. HERMAN, *Cahiers de Physique*, 16, 1943, pp. 69-71; J. JANIN, *Cahiers de Physique*, 16, 1943, pp. 73-74.

(⁴) *Astrophysical Journal*, 68, 1928, pp. 257-278. Le calcul a été effectué, pour les deux systèmes, à partir de la tête de la bande (0,0) et non de l'origine; il se pourrait donc que l'écart fût, en réalité, plus important.

(⁵) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 561; 46, 1934, pp. 32-37.

contraire, pour les nouvelles bandes dégradées vers les courtes longueurs d'onde, la constante de rotation du niveau supérieur doit être plus grande que celle du niveau $^1\Pi_u$, c'est-à-dire supérieure à 1,632.

La répartition des intensités des nouvelles bandes s'accorde avec cette différence. Dans le système de Birge-Hopfield, la bande la plus intense est la bande (0,9), ce qui correspond à une grande valeur de la distance des noyaux et, par suite, à une faible constante de rotation. Dans le nouveau système, les bandes les plus intenses 2827 et 3463 Å, sont, dans l'hypothèse d'une progression $v'=0$, les bandes (0,0) et (0,4). Une telle anomalie s'explique, par le principe de Franck-Condon, en admettant, pour l'état supérieur, une distance des noyaux assez faible, ce qui entraîne une valeur assez forte de la constante de rotation.

Dans le cas d'une transition interdite par la règle de symétrie, la structure fine des bandes ne serait pas rigoureusement identique à celle qui correspondrait à une transition permise. Néanmoins, si les données de Watson et Koontz sont exactes, il ne semble pas que l'on puisse expliquer ainsi l'écart considérable des constantes de rotation. Dans ces conditions, l'interprétation la plus vraisemblable paraît être l'existence de deux niveaux très voisins, mais correspondant à des états différents de la molécule.

CRYPTOGAMIE. — *Sur un Hyphomycète nouveau de la famille des Stilbacées, Sphaerocybe concentrica n. g., n. sp.* Note ⁽¹⁾ de M. **JOSEPH MAGROU**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le Champignon qui fait l'objet de la présente Note a été isolé fortuitement au cours d'essais de bouturage sur milieu artificiel d'une Hépatique (*Pellia epiphylla*) recueillie le long d'un ruisseau du bois de Chaville. L'un des Champignons apparus accidentellement dans les cultures attira notre attention par ses belles corémies formées d'un stipe fibreux foncé, coiffé d'une tête globuleuse d'abord jaune, puis virant au vert. Le milieu sur lequel il s'était développé, ajusté au pH 6,4, avait la composition suivante : SO_4Mg , 7 H_2O , SO_4Na^2 , 10 H_2O , NO_3K , tartrate neutre de K, PO_4KH^2 , CaCl_2 , 6 H_2O , de chacun 0^g,5; FeCl_3 0^g,001; glucose 15^g; acide indol- β -acétique 0^{mg},001; aneurine 1^{mg},88; eau distillée 1000^{cm}³; gélose lavée 15^g.

Si l'on sème des spores sur ce milieu, on voit d'abord se développer des filaments rampants qui irradiant autour du point d'ensemencement. Après quelques jours il se forme, entourant le duvet qui occupe le centre de la colonie, une couronne circulaire de mamelons blancs, qui bientôt se transforment en aiguillons coniques, dressés, jaune serin à leur partie supérieure, brun verdâtre fuligineux à leur base. Par la suite la pigmentation fuligineuse gagne vers le

⁽¹⁾ Séance du 5 février 1945.

sommet, où les filaments, restés jaunes, divergent de manière à constituer un pinceau, qui bientôt s'épanouit en une tête globuleuse d'un beau jaune serin, hérissée de fines villosités. A ce stade le Champignon n'a pas encore sporulé. La sporulation s'accompagne d'un virage au vert de la tête, dont la surface devient anfractueuse et pulvérulente. Dès ce moment les filaments contournés et ramifiés qui émergent de la tête portent à leur extrémité, ou plus souvent latéralement, des conidies ovoïdes ou rondes unicellulaires, s'insérant sur un fin stérigmate. Ces conidies sont solitaires, ou produisent, par bourgeonnement terminal, d'autres conidies qui restent attachées aux précédentes, formant de courtes chaînettes de deux à trois éléments. Les conidies mûres, qui se détachent facilement de leur support, sont d'un jaune vert clair; elles ont une membrane épaisse et lisse; leurs dimensions sont de $2,8 - 4,2 \times 2,1 - 3,5^{\mu}$. A maturité, la tête, primitivement sphérique, se déprime à sa base et prend ainsi une forme surbaissée; les filaments qui la constituent s'épanouissent dans toutes les directions à partir du sommet du stipe, qui paraît ainsi s'enfoncer dans sa profondeur. La tête mûre se sépare aisément du pied, les têtes détachées apparaissent creusées, à leur pôle inférieur, d'une cavité cylindrique au fond de laquelle s'insérerait le stipe.

Ce dernier est constitué par plusieurs faisceaux serrés de filaments cloisonnés, fortement pigmentés en brun. Ces faisceaux, de forme hélicoïdale, s'enroulent les uns autour des autres, ce qui donne à l'ensemble la constitution d'une corde tressée. La hauteur du stipe varie de 1,6 à 8^{mm},5. Les dimensions de la tête mûre varient de 0,5 à 1^{mm},8 pour la largeur, de 0,3 à 0^{mm},9 pour la hauteur.

Après que les corémies ont sporulé, on voit apparaître, dans le mycélium rampant qui les entoure, des mèches disposées en couronne sur un ou deux rangs et résultant d'une condensation des filaments. Ces mèches se redressent à leur extrémité et se transforment en aiguillons, qui, à leur tour, produisent à leur sommet une tête jaune virant au vert au moment de la sporulation. Le même processus continuant, il peut se former jusqu'à quatre ou cinq cercles concentriques, parfaitement réguliers, de corémies disposées sur un ou deux rangs. A mesure que la culture vieillit, les têtes sporifères prennent une teinte cendrée et le mycélium, aux dépens duquel se forment les corémies, devient de plus en plus foncé, presque noir. Dans les vieilles cultures, il n'est pas rare de voir les stipes se ramifier et donner des stipes secondaires grêles, stériles ou coiffés d'une tête sporifère.

Cet Hyphomycète, avec ses formes corémiées, son mycélium brun, ses spores unicellulaires et de couleur claire, appartient à la famille des Stilbacées, sous-famille des Phæostilbées, section des Amérosporées, sous-section des Hyaloporées. Mais ses caractères ne correspondent exactement à aucun des genres décrits dans ce groupe. Les *Sporocybe*, qui ont comme lui un stipe fibreux brun et une tête globuleuse chez certaines espèces, s'en distinguent par leurs conidies brunes, qui les rangent parmi les Phæosporées, et par leurs conidiophores

dépourvus de stérigmates. Les *Antromycoisis*, qui se rapprocheraient de notre Champignon par leur port, s'en différencient par leurs conidies brunes, cylindriques, disposées en chaînes. Les *Graphium*, eux, ont un stipe brun, des hyphes sporifères pâles et des conidies hyalines, mais leurs conidiophores sont dépourvus de stérigmates. En raison des caractères spéciaux que présente le Champignon que nous décrivons, nous nous croyons fondé à créer pour lui une espèce et un genre nouveaux, pour lesquels nous proposons la dénomination de *Sphaerocybe concentrica* n. g., n. sp.

Ce Champignon offre d'autre part des particularités physiologiques que, avant même de le déterminer et de le décrire, nous avons signalées, avec M. Marneffe, dans une Communication à l'Association des Microbiologistes de langue française (séance du 2 nov. 1944). Repiqué sur gélose de Sabouraud, il ne développe qu'un mycélium stérile. L'expérience a montré qu'il ne produit ses fructifications caractéristiques que sur des milieux renfermant de l'aneurine (vitamine B₁) ou l'un de ses constituants, le thiazol. La pyrimidine, autre constituant de l'aneurine, ne provoque à elle seule qu'un développement corémien insignifiant ou nul. Le glucose est indispensable au développement du thalle, l'acide indol- β -acétique stimule sa croissance, mais ni l'un ni l'autre de ces corps n'est capable d'engendrer les corémies. Le Champignon est donc apte à réaliser, à partir du thiazol, la synthèse de l'aneurine nécessaire à sa fructification.

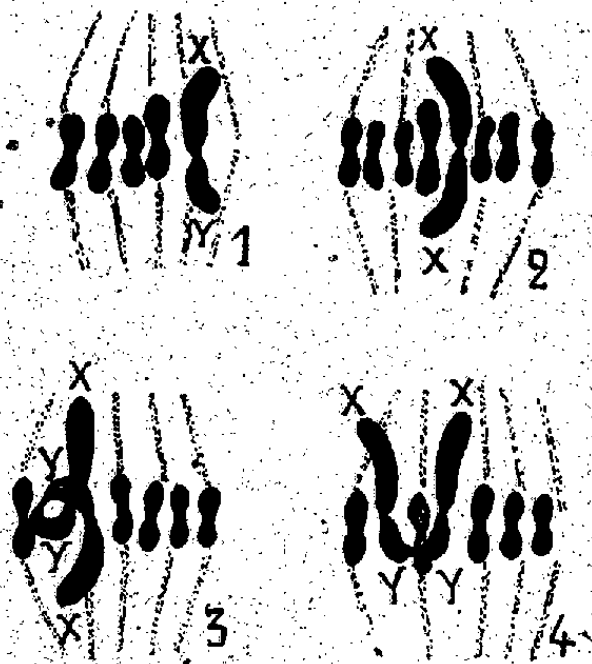
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le comportement des hétérochromosomes à la méiose, chez les mâles tétraploïdes de Melandrium album*. Note (1) de M. GEORGES RIZET, présentée par M. Louis Blaringhem.

Melandrium album est une Caryophyllacée dioïque dont le dimorphisme chromosomique est devenu classique; au cours de la méiose les femelles montrent une paire d'éléments égaux, beaucoup plus grands que les autres chromosomes (couple XX); alors que les mâles montrent, au même stade, une paire d'éléments inégaux, dont l'un, X, (*fig. 1*), d'après Winge, est sensiblement double de l'autre. En badigeonnant le bourgeon terminal de jeunes plantules de cette espèce par une solution de colchicine à 0,1 %, nous avons obtenu un certain nombre d'individus anormaux choisis parmi les mâles; il s'agissait de tétraploïdes.

1° Bien souvent on observe un couple XX très apparent (*fig. 2*); dans ce cas il existe évidemment aussi un couple YY, mais on le distingue beaucoup plus difficilement, car il ne présente pas avec les autosomes de différence de taille très marquée. Jamais on ne note de relations morphologiques entre le couple XX et le couple YY. Un tel mécanisme conduit à la formation de grains de pollen semblables, contenant 1X et 1Y; nous l'avons rencontré 249 fois sur 437 plaques facilement interprétables.

(1) Séance du 29 janvier 1945.

2° Dans beaucoup d'autres cas on note la présence de deux couples XY, mais, dans cette alternative, à de très rares exceptions près, les deux couples ne sont pas indépendants : les deux chromosomes Y sont coalescents par leurs extrémités, l'ensemble constituant un tétravalent (*fig. 3 et 4*). Ou les deux



chromosomes X se trouvent du même côté de la plaque équatoriale (*fig. 4*) et on observe une chaîne en U, ou les chromosomes X sont placés de part et d'autre de la plaque (*fig. 3*); et l'on aperçoit alors une chaîne qui subit, au niveau des chromosomes Y, une double torsion. Les tétravalents relatifs aux autosomes constituent des chaînes fermées. Ce deuxième mécanisme entraîne la formation de tétraspoires de deux types : les unes (type *fig. 3*) fournissent 4 grains de pollen semblables contenant encore chacun 1 X et 1 Y, les autres (type *fig. 2*) donnent lieu à la production de grains de pollen dont 2 contiennent chacun 2 X, alors que les 2 autres contiennent chacun 2 Y; au premier de ces types correspondent 143 et au second 45 des 437 images interprétées clairement.

Ces diverses modalités constituent sûrement la presque totalité des figures d'accouplement et de disjonction des hétérochromosomes, mais nous ne pouvons évidemment pas dire qu'elles soient les seules et que, en particulier, la disjonction relative aux tétravalents soit toujours régulière.

Remarques. — 1° Les figures décrites confirment la possibilité, d'ailleurs prévisible, d'obtenir, chez un *Melandrium* autotétraploïde mâle, 3 types de grains de pollen contenant soit XX, soit XY, soit enfin YY. La fécondation de femelles di- ou tétraploïdes par chacun de ces types conduira à des descendants dont la formule chromosomique sera extrêmement variée; les caractères sexuels de tels organismes ne sont probablement pas sans intérêt et l'on sait d'ailleurs que Blakeslee et Warmke (*Genetics*, 24, p. 88; *Amer. Journ. Bot.*, 26, p. 247-51) ont déjà apporté à ce sujet des résultats positifs.

2° Si le hasard seul présidait à la constitution des couples d'hétérochromosomes, autrement dit si les règles mendéliennes s'appliquaient au comportement de ces éléments homologues, les divers types de grains de pollen seraient représentés par les proportions suivantes : 1/6 XX, 4/6 XY et 1/6 YY. Les

nombres cités plus haut permettent de se rendre compte aisément que ces proportions sont loin d'être respectées : on obtient en effet 90 grains contenant XX (45×2), 90 contenant YY (45×2) et 1568 (249×4) + (143×4) contenant XY. Ce chiffre dépasse les prévisions pour deux raisons :

a. Les couples XX et YY sont beaucoup plus fréquents que ne le laissent prévoir les calculs théoriques, puisque nous les avons observés, non pas dans 1/6 mais dans plus de la moitié des cellules mères; sans doute qu'à la prophase hétérotypique 2 chromosomes ont d'autant plus de chance de constituer un couple qu'ils sont *plus homologues*.

b. Lorsqu'il se constitue un tétravalent, les chromosomes X sont placés le plus souvent de part et d'autre de la plaque équatoriale (143 fois sur 188 correspondant à ce type); il n'est pas impossible que cette prédominance réponde surtout à des causes mécaniques, les fibres fusoriales dirigeant sans doute l'orientation de ces associations chromosomiques.

3° Enfin la constitution même des tétravalents est singulière : il n'y a jamais de liaison entre les deux chromosomes X, alors que les chromosomes Y sont toujours coalescents.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les phénomènes de migration dans les tubercules de Carotte conservés*. Note (1) de M. LUCIEN PLANTEFOL, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai montré quels *phénomènes de développement* se réalisent, en l'absence de bourgeons, dans des tubercules de Carotte conservés pendant 7 à 9 mois en un milieu de sable restreignant l'évaporation superficielle. Ils sont rendus possibles par la *migration d'eau et de substances dissoutes* qui se produit des régions supérieure et moyenne du tubercule vers sa pointe.

Des déterminations de teneur en eau (les nombres donnés dans cette Note expriment le poids d'eau correspondant à 100 de substance sèche) et l'étude des variations de poids et de dimension permettent de préciser l'importance de ces phénomènes.

Au moment de la récolte, fin novembre, les tubercules mis en expérience, appartenant à la variété Nantaise sans cœur, race Vilmorin, ont une teneur en eau très régulière, oscillant entre 700 et 800. Cette teneur s'élève régulièrement du collet vers la pointe, présentant un abaissement au voisinage de celle-ci. Par exemple sont échelonnées le long d'un tubercule les valeurs suivantes :

N° 2, 1^{er} décembre..... [collet] 700 725 736 730 740 720 [pointe]

Cette répartition traduit un gradient imposé par la circulation de l'eau, des racines qui absorbent vers les feuilles qui émettent. L'abaissement au voisinage de la pointe s'explique par la moindre proportion de bois, plus riche en eau (moyennes pour les témoins précédents : bois 835, liber 695).

(1) Séance du 29 janvier 1945.

Après 8 mois de conservation, les teneurs en eau moyennes (de l'ordre de 650) sont relativement peu abaissées par rapport aux précédentes; car la perte par évaporation ne dépasse guère la perte de matière sèche due au métabolisme. Les teneurs en eau en divers points d'un tubercule sont tantôt homogènes (n° 22, points correspondant à ceux du n° 2), tantôt hétérogènes (n° 11), selon que les valeurs extrêmes diffèrent de moins ou de plus de 20 %.

N° 22, 15 juillet.....	[collet]	590	615	619	650	688	660	[pointe]
11 » 	[»]	510	542	620	660	993	»	[»]

La majorité des tubercules ayant fourni une croissance importante se rangent dans le premier groupe.

On peut reconstituer les pertes de matière (eau et substance sèche) et les migrations de matière des divers tubercules.

Voici par exemple les résultats pour une carotte dont la perte de poids globale a été de 45 %. Si l'on fait son poids primitif égal à 100, ce poids comportait 88,3 d'eau et 11,7 de matière sèche. Le poids total s'est abaissé à 55, comprenant 47,5 d'eau et 7,5 de matière sèche. La perte, réalisée apparemment par évaporation d'une part et métabolisme respiratoire d'autre part, est donc 40,8 d'eau et 4,2 de matière sèche. En réalité d'ailleurs, l'eau évaporée est plus importante; à la dégradation respiratoire de 4,2 de matière sèche correspond une quantité d'eau formée dont le calcul précédent ne tient pas compte et qui serait 2,5 si la matière sèche utilisée était uniquement du glucose.

Il est possible de connaître avec une bonne approximation la masse de tissu néoformée en pesant la zone développée à l'extrémité du tubercule et évaluant le poids qu'avait cette région de la pointe au moment de la récolte. Cette masse néoformée est, dans l'exemple précédent, 14, contenant 12,2 d'eau et 1,8 de matière sèche. La *migration* a donc porté sur *le quart de l'eau et de la matière sèche* restantes.

Les diverses régions du tubercule n'ont pas été également épuisées par cette migration. Près du collet, le liber a subi une déshydratation plus grande suivant les lignes formées par les plages rhizogènes; la teneur en eau y est 540, alors qu'elle est 640 dans le secteur compris entre les plages rhizogènes. Des plissements longitudinaux strient la surface dans la première région, où le liber est creusé de *lacunes* dues à des délaminations radiales.

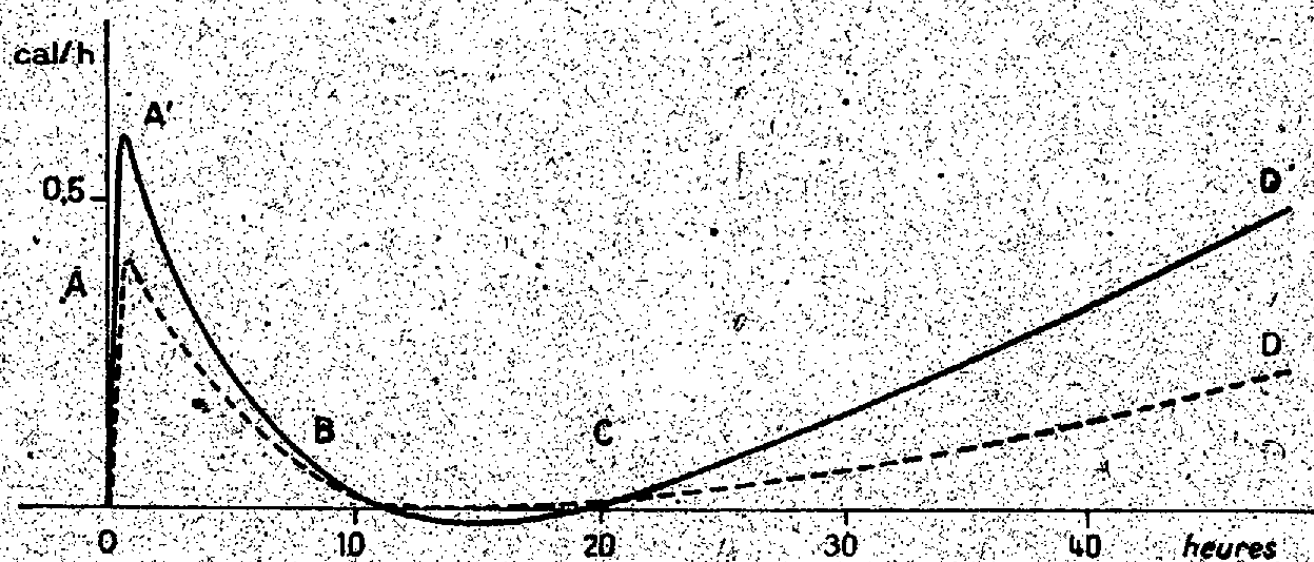
Le développement de *méats* semble jouer un rôle dans l'évolution des tissus. La densité du tubercule est, en décembre, de 1,02. En juillet elle est devenue 0,84 au voisinage du collet et vers le milieu du tubercule, tandis qu'elle est très proche de 1 dans la région néoformée vers la pointe.

Un tubercule qui a conservé un *bourgeon axillaire* développe lui aussi des tissus jeunes; une pousse feuillée et secondairement des radicelles, et, pour ce faire, il mobilise une part de sa substance, eau, matières sèches, à peu près égale à celle que nous avons vue, en l'absence de bourgeon, affectée à la croissance apicale du tubercule. Mais le *déterminisme hormonal*, lié à la présence du bourgeon est impératif: tout tubercule qui porte un bourgeon fournit dès l'hiver au développement de celui-ci. Au contraire, dans les tubercules *privés*

de bourgeons, tandis que les pertes d'eau et de matière sèche sont du même ordre de grandeur, si la provenance et la conservation ont été les mêmes, le développement, plus lent à se réaliser, est variable. Ici il est nul; là, presque le tiers de la masse présente est remaniée sous forme de tissus jeunes. Le déterminisme de ces faits doit être cherché dans des *conditions hormonales* non encore définies.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la déshydratation préalable des graines sur la thermogénèse de germination*. Note de MM. **HENRI PRAT** et **ÉDOUARD CALVET**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons décrit ⁽¹⁾ la forme de la courbe de thermogénèse correspondant aux premiers stades de l'hydratation des graines. Cette forme demeure constante tant que l'on opère avec des graines d'un même lot dans des conditions identiques. Si l'on fait varier les conditions initiales, on obtient des modifications déterminées de ses divers éléments. Nous exposerons ici les résultats que nous avons obtenus en soumettant des grains de Blé à une déshydratation préalable. Tous les chiffres seront ramenés à une masse initiale de 1^g de grains, l'expérience étant faite à la température de 17°, par contact avec 1^g d'eau distillée.



Courbes de thermogénèse du grain de Blé.
AD, témoin; A'D', après une dessiccation de 24 h. dans vide partiel.

En desséchant les grains en présence d'anhydride phosphorique dans un vide partiel pendant 24 heures, ils perdent environ 0,026 d'eau par gramme de grains. Quand ensuite on les hydrate dans les conditions indiquées, le maximum de débit (A') de la thermogénèse physicochimique atteint 0,6 cal/h, au lieu de 0,4 pour les grains non déshydratés (A). La durée (OB) de la thermogénèse physicochimique est très peu modifiée. La quantité totale de chaleur (OA'B), dégagée au cours de cette phase, est sensiblement accrue (2,6 cal). Le *temps mort* BC comporte une légère absorption de chaleur. La thermogénèse biologique commence un peu plus tard que chez les témoins; par contre elle

⁽¹⁾. *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 117.

progresses plus rapidement : au bout de 48 heures elle atteint (D') 0,5 cal/h, au lieu de 0,2 à 0,3 pour les grains non déshydratés (D).

Lorsqu'on prolonge la déshydratation, ces transformations sont accentuées. Par exemple, pour une dessiccation de 3 jours, qui enlève aux grains 0,036 d'eau par gramme, le maximum de débit de la première phase atteint environ 1,2 cal/h. Pour des traitements prolongés de 5 à 45 jours, ce débit peut s'élever à 1,5, 2 et jusqu'à 6 cal/h.

Ainsi l'analyse microcalorimétrique nous permet d'apprécier quantitativement les modifications physiologiques apportées aux semences par une déshydratation préalable. L'augmentation de la thermogenèse physico-chimique est bien conforme à ce que l'on pouvait prévoir. Mais le fait le plus intéressant est l'accroissement de la thermogenèse biologique, qui indique une accélération des processus germinatifs consécutifs au changement d'état. Nous avons mis en parallèle ces faits avec l'observation morphologique de la marche des germinations et constaté qu'en effet les grains déshydratés présentent en moyenne un développement plus rapide que les témoins. Nous trouvons ici l'indice d'une modification de la semence comparable à celle qui lui est apportée par la *vernalisation*. Les conséquences qui peuvent en découler sont tout aussi intéressantes, tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de la thyroïde dans la genèse de la créatinurie thymiprive chez le Cobaye*. Note de M. J. COMSA, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons signalé ⁽¹⁾ que, chez le Cobaye, il se produit, à la suite de la thymectomie, une augmentation notable du taux de la créatine urinaire, qui cesse au bout de 40 jours environ. Étant donné que, pendant le même intervalle, la thyroïde du Cobaye thymiprive montre une image histologique correspondant à un accroissement d'activité sécrétrice, nous avons émis l'hypothèse que l'augmentation du taux de la créatine urinaire serait une conséquence de cette activité accrue de la thyroïde.

Pour vérifier cette supposition nous avons cherché à suivre l'évolution de la créatinurie chez des Cobayes ayant subi l'ablation de la thyroïde et du thymus. Cependant, pour apprécier les variations de la créatinurie chez de tels animaux, il ne suffit pas de la comparer à celle de Cobayes sains. En effet, d'après Palladin et Ssavron (*Biochem. Zeits.*, 191, 1927), le taux de la créatine urinaire baisse chez le Cobaye à la suite de l'extirpation de la thyroïde. Nous devons donc suivre l'évolution de la créatinurie parallèlement chez des cobayes thyrooprives et thyroothymiprives.

L'ablation de la thyroïde est en général assez bien supportée par le Cobaye de 200^g. La croissance est très ralentie par la suite, mais l'état général n'est pas notablement affecté. L'ablation de la thyroïde et du thymus entraîne des

⁽¹⁾ *Société de Biologie de Paris*, séance du 14 octobre 1944 (sous presse).

conséquences plus graves, il y a une forte mortalité dans les 48 heures qui suivent l'opération (due peut-être à la narcose prolongée, de 30 minutes environ). La croissance des animaux ayant survécu est nulle et leur état général nettement mauvais; ils se comportent comme des animaux thymiprives très atteints par les conséquences de l'opération.

L'évolution de la créatinurie chez ces deux lots de Cobayes est résumée dans le tableau suivant, où chaque nombre représente la moyenne de dix animaux.

Jours écoulés depuis l'opération.	Créatine (mg par 100 g/24h)		
	Thymiprives.	Thyréoprives.	Thyréo- thymiprives.
5.....	2,36	0,34	0,44
10.....	2,65	0,41	0,43
15.....	1,93	0,46	0,63
20.....	1,50	0,57	0,48
30.....	1,23	0,38	0,33
40.....	0,47	0,58	0,81
50.....	0,55	0,28	0,28
60.....	0,54	0,46	0,51

Nous rappelons que le taux normal de la créatine urinaire varie entre 0,7 et 1^{mg}, 1 chez le jeune Cobaye normal.

En résumé, l'ablation soit de la thyroïde, soit de la thyroïde et du thymus, détermine un léger abaissement de la créatine urinaire chez le Cobaye.

Cet abaissement est du même ordre chez le Cobaye thyroéoprivé ou thymi-thyroéoprivé.

La forte augmentation de la créatinurie déterminée par l'ablation du thymus est supprimée par l'extirpation simultanée de la thyroïde. Tout se passe donc comme si le rôle de la thyroïde était essentiel dans la genèse de cette augmentation.

La séance est levée à 15^h 30^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 8 février 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **CHARLES LAUBRY** pour occuper, dans la Section de Médecine et Chirurgie, la place vacante par le décès de M. *Charles Achard*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **CHARLES LAUBRY** prend place parmi ses Confrères.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *L'hybridation, facteur régulateur naturel des populations culicidiennes chez le Moustique commun*. Note ⁽¹⁾ de M. **ÉMILE ROUBAUD**.

Les recherches que je poursuis, depuis plus de quinze ans, sur le Moustique commun m'ont amené à reconnaître que l'ancienne entité spécifique linnéenne *C. pipiens* représente un complexe d'espèces et de sous-espèces étroitement affines, mais distinctes génotypiquement. On peut distinguer tout d'abord deux types principaux ayant rang d'espèces, surtout caractérisés du point de vue biologique : les *Culex* inaptes à la reproduction sans alimentation sanguine, ou *anauto-gènes* (*C. pipiens* L. s. str.) et les *Culex* aptes à pondre sans nourriture, ou *auto-gènes* (*C. autogenicus* Roub.). Chacune de ces espèces (primitivement conçues par moi comme simples biotypes) comporte également plusieurs sous-espèces ou races biologiques. En particulier les *Culex* auto-gènes peuvent être différenciés en deux variétés morphologiques : les auto-gènes *ponctués*, dont la face abdominale ventrale est ornée d'une ligne médiane de ponctuations d'écailles noires, en taches arrondies (var. *sterno-maculatus* Roub.) et les auto-gènes *non ponctués*, dont la face ventrale est entièrement pâle (var. *Sterno-pallidus* Roub.).

Les intercroisements sont possibles entre ces diverses espèces et sous-espèces, mais ils se montrent limités par des phénomènes d'amixie physiologique sur

⁽¹⁾ Séance du 12 février 1944.

lesquels j'ai précédemment attiré l'attention ⁽²⁾. L'amixie se traduit par des influences létales frappant les pontes hybrides au cours du développement. Des recherches nouvelles, portant spécialement sur les deux variétés d'autogènes ci-dessus, m'ont fait connaître que le mélange par hybridation de ces deux formes se trouve aussi nettement défendu par les influences amixiques que celui des entités plus élevées : *fatigans* \times *pipiens*, ou *pipiens* \times *autogenicus* par exemple. Bien que l'hybridation des deux autogènes soit fréquemment constatée dans la nature, au point qu'il est difficile de discerner des souches pures, ponctuées ou non ponctuées, les influences létales opérant selon le jeu des croisements sont susceptibles de provoquer la disparition spontanée de nombreux descendants de ces populations mixtes.

Expérimentalement les essais d'intercroisement des deux autogènes m'ont donné les résultats suivants :

1° *Croisement mâles Sterno-maculatus* \times *femelles Sterno-pallidus*. — Dans ce sens, le départ est facile. Les pontes en F₁ ne présentent aucun raté d'éclosions. Le caractère ponctué affecte une dominance partielle, les deux sexes pouvant présenter une ponctuation vestigiale. Mais, si l'on croise des mâles F₁ avec des femelles *Sterno-maculatus* pures, on observe la stérilité totale des pontes fécondées, traduisant le transfert à ces mâles hybrides F₁ des facteurs létaux dominants qui sont manifestes chez les mâles non ponctués (v. ci-dessous). En F₂, d'autre part, les pontes hybridées présentent une proportion variable d'œufs bloqués dans leur développement, ce qui restreint la descendance ultérieure.

2° *Croisement mâles Sterno-pallidus* \times *femelles Sterno-maculatus*. On observe ici une amixie totale; les pontes fécondées demeurent stériles. Elles se montrent constituées par des œufs embryonnés ou des larves primaires mortes avant leur éclosion. Le caractère létalement de ces pontes hybrides est constant, que la production des œufs résulte du processus autogène ou de l'alimentation sanguine. Sur des centaines d'œufs fécondés selon ce mode de croisement, il n'a pas été possible d'obtenir un seul développement d'hybrides viables. Les mâles *Sterno-pallidus* introduisent toujours dans le génotype ponctué, pur ou hybridé, des facteurs d'incompatibilité physiologique appelés à perturber gravement l'évolution des peuplements.

Parmi les nombreux peuplements hybrides d'autogènes rencontrés dans la région parisienne, le caractère de ponctuation ventrale (*Sterno-maculatus*) prend souvent l'apparence d'un caractère lié au sexe mâle ⁽³⁾. Les pontes obtenues de mâles en apparence non ponctués et de femelles ponctuées, provenant d'un

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 257.

⁽³⁾ Il en est de même pour les peuplements de *C. pipiens* anautogène, ce qui semble indiquer l'existence probable, dans le domaine spécifique de ce *Culex*, également d'un génotype ponctué et d'un génotype non ponctué.

même peuplement naturel hétérozygote, peuvent être plus ou moins fertiles. Mais l'on observe dans ces pontes, comme dans celles provenant de la combinaison inverse, une proportion souvent très grande d'œufs inaptes à l'éclosion. Par exemple, d'une souche autogène parisienne à mâles ponctués et femelles en majorité non ponctuées, sur 2016 œufs pondus dès la première génération de capture, 494 furent affectés de létalité. Une autre souche, provenant de Compiègne, a donné 447 œufs non viables pour 593 pondus. La présence, si générale, dans les pontes des Moustiques de souches diverses, d'œufs impropres à l'éclosion, constitue pour nous un test de l'hétérogénéité génotypique de ces souches.

Parmi les influences multiples susceptibles d'intervenir dans l'équilibre des peuplements naturels du groupe *pipiens*, il faut grandement tenir compte de ces actions d'intercroisement. Ces influences neutralisantes, qui se traduisent par des manques considérables dans les éclosions larvaires, semblent jusqu'ici avoir échappé à l'attention. En particulier E. Ulmann⁽⁴⁾, qui a bien aperçu les œufs bloqués de certaines pontes autogènes, ne s'est point expliqué leur nature. Il faut les concevoir comme le résultat de mélanges interraciaux ou interspécifiques, qui interviennent constamment dans la destinée de ces peuplements naturels de Culicides, en raison de la coexistence et du conflit, dans le domaine spécifique, d'unités génétiquement diverses. On peut se demander s'il n'y a pas là des indications à retenir au point de vue très large du contrôle par l'Homme d'espèces animales nuisibles, susceptibles de manifester une semblable dissociation en sous-espèces ou races extrêmement apparentées les unes aux autres, comme les Diptères piqueurs en offrent de nombreux exemples, et sur la concurrence biologique desquelles les influences amixiques pourront exercer leur action frénatrice. L'introduction rationnelle, dans le champ d'action d'une de ces espèces, d'éléments génotypiques étrangers, propres à contrarier physiologiquement, par voie d'hybridation, l'épanouissement normal de l'espèce, semble pouvoir constituer une méthode d'action biologique générale (méthode des intercroisements régulateurs) dont il est indiqué d'expérimenter la portée, dans les cas les plus divers.

ÉLECTRONIQUE. — *Processus d'excitation des gaz rares par les courants entretenus de haute fréquence.* Note de MM. PIERRE LEJAY et LOUIS HERMAN.

La comparaison du spectre émis pendant l'excitation des gaz rares par un champ de haute fréquence au spectre de phosphorescence, après cessation de toute oscillation électrique, permet d'apporter quelques éclaircissements sur le mécanisme d'excitation.

Le phosphoroscope imaginé et construit par l'un de nous a été décrit dans une Note précédente⁽¹⁾. La reproduction ci-après illustre, à titre d'exemple,

(4) *Zeits. Angew. Entom.*, 28, 1941, pp. 1-62.

(1) *Comptes rendus*, 216, 1944, p. 536.

les résultats obtenus, dans le spectre visible, pour le néon et l'argon. La partie inférieure *a* de chaque spectre correspond à l'intervalle de temps pendant lequel

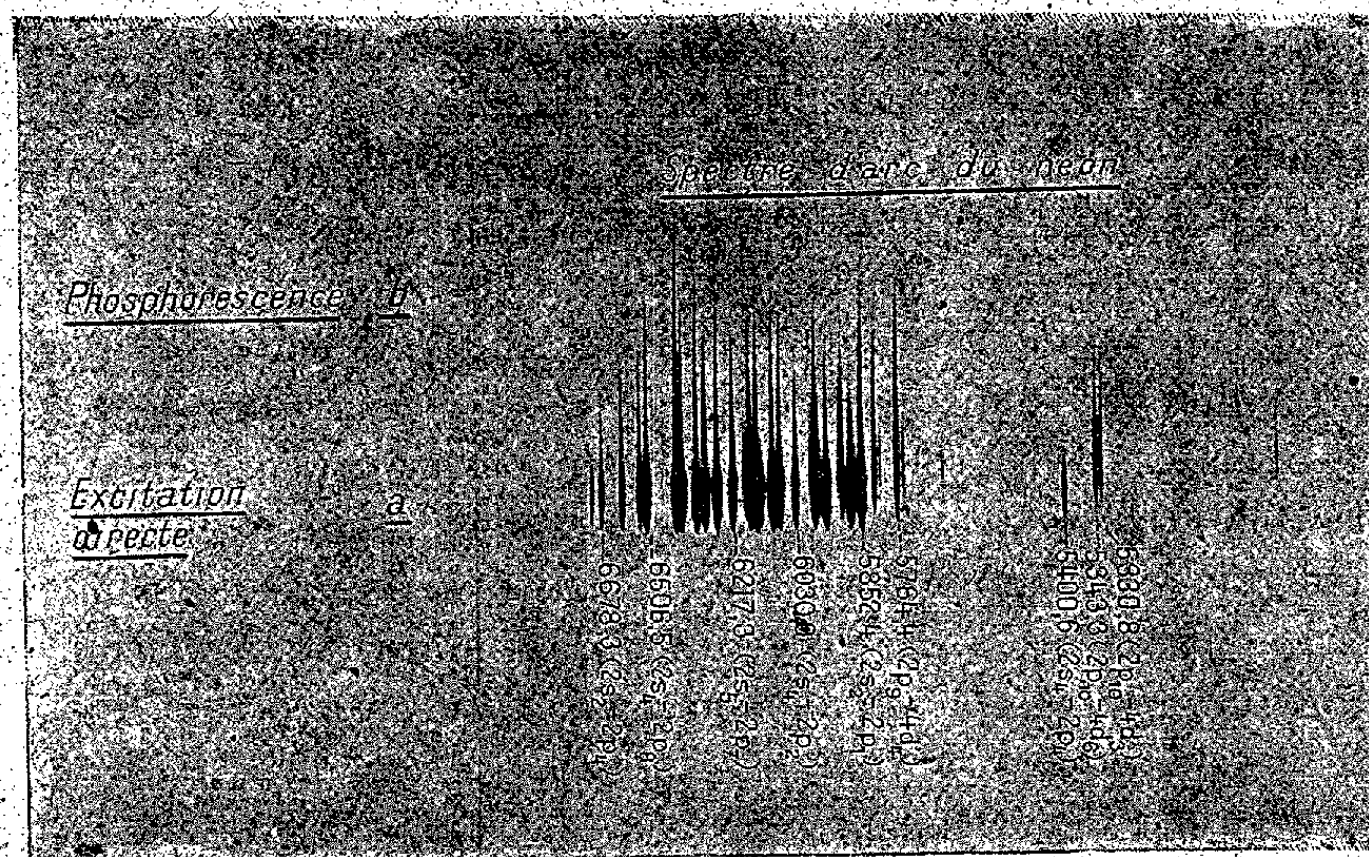


Fig. 1.

le gaz est excité par les oscillations électriques. La partie résiduelle *b* est émise après l'arrêt de ces oscillations et constitue une phosphorescence d'une durée

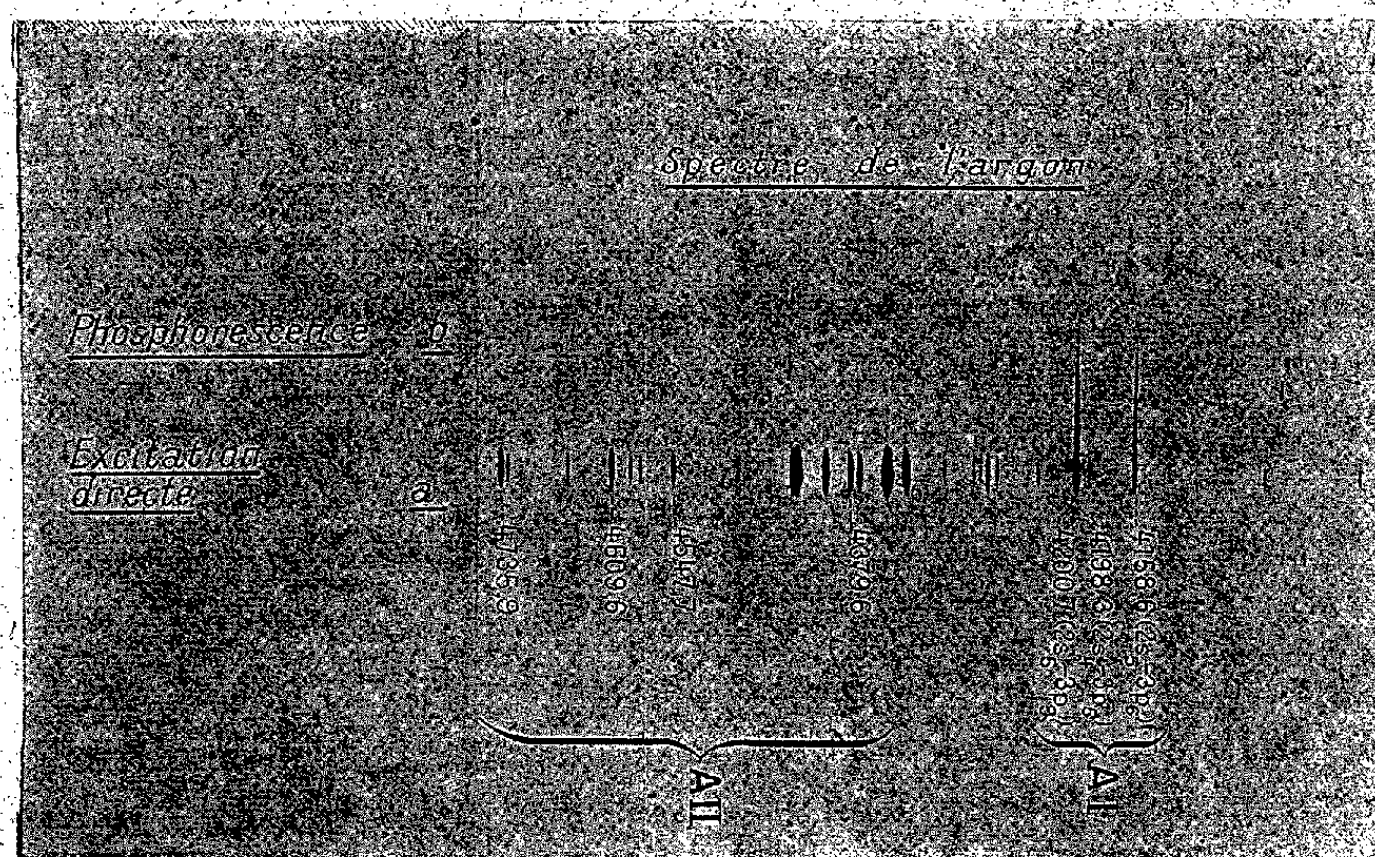


Fig. 2.

de l'ordre du millièbre de seconde qui subit d'abord une extinction rapide au voisinage de la paroi, puis un évanouissement progressif au sein du gaz. Au stroboscope on observe alors, au bord du tube, un anneau obscur dû à la

destruction des ions et électrons par la paroi et qui constitue une preuve de l'absence de toute excitation résiduelle haute fréquence. D'ailleurs, cette phosphorescence peut également être observée à l'aide d'un phosphoroscope classique à décharge condensée mais la répartition d'intensité pendant la décharge diffère de celle obtenue en haute fréquence.

L'ensemble de raies observées se classent en trois groupes :

1° raies d'étincelle dont l'émission cesse complètement en même temps que les oscillations;

2° raies d'arc, intenses pendant l'excitation électrique, mais fortement affaiblies dans la région b ;

3° raies d'arc ne subissant aucune influence apparente du champ électrique et dues surtout à la recombinaison des ions⁽²⁾; cette recombinaison donne lieu à la phosphorescence qui prend naissance dans la décharge elle-même.

Le spectre émis pendant l'excitation par le champ induit présente un aspect assez surprenant. En effet, le spectre d'arc, composé surtout des raies ($2s - 2p$) de la série principale correspond à une faible énergie d'excitation et l'on peut être étonné d'observer en même temps un spectre d'étincelle intense. Ce fait conduit à rejeter l'hypothèse d'une excitation électronique directe à partir de l'atome neutre.

On peut concilier ces contradictions apparentes si l'on admet la présence de nombreux atomes neutres et ionisés à l'état métastable. Dans le cas de l'argon il s'agit des états s de AI et 2S , 4D , de AII. Les transitions vers les niveaux fondamentaux sont interdites par la règle de la parité (odd-even) ou la règle $\Delta J = -1, 0, +1$; quoique ces règles ne soient pas rigoureuses on conçoit que le passage vers le niveau le plus bas soit beaucoup moins probable que dans le cas d'une transition permise. On arrive ainsi à une concentration élevée en atomes métastables neutres et ionisés à partir desquels l'excitation du spectre d'arc ($2s - 2p$) et du spectre d'étincelle ne demande que quelques électrons-volts. On arrivera à une concentration élevée même si le nombre d'électrons de grande vitesse est petit, car la destruction par recombinaison des ions formés sera très faible au début de l'allumage.

Les raies d'arc ($2s - 3p$), ($p - d$), ... se prolongent après l'extinction des oscillations et sont émises dans le processus de recombinaison des ions à l'état fondamental avec les électrons sans vitesse appréciable. Cette recombinaison conduit à une émission en cascade du spectre d'arc entraînant un nivellement dans la répartition d'intensité pour les diverses transitions. Si ces raies ont une intensité constante pendant le fonctionnement de l'oscillateur, c'est qu'il se forme constamment des ions nouveaux qui viennent remplacer ceux détruits par recombinaison.

(²) C. KENTY, *The Physical Review*, 32, 1928, p. 624.

En résumé, pour rendre compte des faits observés nous admettrons que :

1° Qu'il existe une forte excitation portant sur un petit nombre d'atomes et susceptible d'exiter directement le spectre d'arc et le spectre d'étincelle. Elle résulte probablement de l'action du champ électrostatique ou de chocs cumulatifs et conduit à la formation d'un nombre élevé d'atomes métastables neutres et ionisés;

2° Lorsque l'état ci-dessus est atteint, le champ électrique induit peut alors intervenir pour provoquer, à partir des états métastables, une émission intense du spectre d'arc et d'étincelle;

3° Après avoir atteint le niveau le plus bas l'ion atomique se recombine par rencontre avec un électron avec émission en cascade d'un spectre d'arc et exaltation des niveaux atomiques élevés.

CORRESPONDANCE.

M. MAURICE LUGEON, élu Associé étranger, adresse ses remerciements à l'Académie.

GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — *Sur certains caractères numériques d'un idéal sans composant impropre.* Note (1) de M. ROGER APÉRY, présentée par M. Elie Cartan.

Dans un espace projectif E_n à n dimensions, appelons \mathfrak{m} un idéal sans composant impropre; Φ_1, Φ_2 deux hypersurfaces d'ordres k_1, k_2 ne passant par aucune variété essentielle de \mathfrak{m} ; α_1, α_2 les idéaux (\mathfrak{m}, Φ_1) et (\mathfrak{m}, Φ_2) ; $\alpha_1(l)$ et $\alpha_2(l)$ les nombres d'hypersurfaces d'ordre $l+k_1$ et $l+k_2$ linéairement indépendantes $\text{mod } \alpha_1$ et $\text{mod } \alpha_2$, dont le produit par toute hypersurface H appartienne respectivement à α_1 et α_2 . Nous nous proposons de démontrer que $\alpha_1(l) = \alpha_2(l)$. Pour cela nous établissons une correspondance linéaire entre les hypersurfaces Ψ_1 et Ψ_2 , d'ordre $l+k_1$ et $l+k_2$, définies $\text{mod } \mathfrak{m}$, qui, multipliées par H , appartiennent à α_1 et α_2 ; cette correspondance associe les hypersurfaces de α_1 et de α_2 . Comme $\Psi_1 \Phi_2$ appartient à α_1 , on peut écrire

$$(1) \quad \Psi_1 \Phi_2 + \Psi_2 \Phi_1 = T, \quad \text{avec } T \in \mathfrak{m}.$$

L'équation (1) définit la correspondance annoncée. Nous allons montrer que, quelle que soit la forme H , si $\Psi_1 H \in \alpha_1$, $\Psi_2 H \in \alpha_2$. En effet, si $\Psi_1 H \in \alpha_1$, on a

$$(2) \quad \Psi_1 H = A_1 \Phi_1 + T_1, \quad \text{avec } T_1 \in \mathfrak{m}.$$

(1) Séance du 29 janvier 1944.

Par élimination de Ψ , entre (1) et (2), on obtient

$$(\Psi_2 H + A_1 \Phi_2) \Phi_1 \in \mathfrak{m};$$

comme \mathfrak{m} est sans composant impropre, et que Φ_1 ne contient aucune variété essentielle,

$$\Psi_2 H + A_1 \Phi_2 \in \mathfrak{m}, \quad \Psi_2 H \in (\mathfrak{m}, \Phi_2).$$

Q. F. D.

On voit que $\alpha(l)$ ne dépend que de l'idéal \mathfrak{m} et non de Φ .

Si l est assez grand, $\alpha(l)$ est nul. Supposons désormais que \mathfrak{m} soit l'idéal premier attaché à une variété V . Une variété de première espèce au sens de M. Dubreil ⁽²⁾ est une variété pour laquelle $\alpha(l)$ est nul quel que soit l .

THÉORÈME. — Si $\delta(l)$ est le défaut des séries découpées par les hypersurfaces d'ordre l sur une variété irréductible V , $\alpha(l) \leq \delta(l)$; si V est sans singularités et si $\delta(l) > \alpha(l)$, il existe $l' > l$ tel que $\alpha(l') > 0$.

La première inégalité s'obtient en remarquant que les hypersurfaces Ψ considérées ci-dessus découpent, sur la variété considérée, α variétés linéairement indépendantes non situées sur des hypersurfaces d'ordre l et corésiduelles des variétés découpées par les hypersurfaces d'ordre l .

Si φ est l'intersection de V et d'une hypersurface d'ordre l , φ' une variété équivalente, il existe des hypersurfaces G et G' qui coupent V respectivement suivant u , φ et u , φ' . Si l'on multiplie éventuellement G par une forme convenable pour qu'elle soit de degré assez élevé, u est l'intersection complète de V et d'une hypersurface H . $\delta(l)$ est le nombre d'hypersurfaces d'ordre convenable passant par u et indépendantes mod (V, H) . Si V est sans singularités, une telle hypersurface multipliée par une hypersurface convenable appartient à (V, H) , ce qui démontre la seconde inégalité. On voit en particulier que $\delta(l)$ est nul pour l suffisamment grand, résultat déjà annoncé par Severi ⁽³⁾.

On en déduit que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une variété V irréductible sans singularités soit de première espèce est que les hypersurfaces d'ordre l quelconque découpent sur V une série linéaire complète. Il faut en particulier que la variété soit normale.

Cas où V est une courbe d'ordre m et de genre p :

$$\delta \geq lm - p + i - C_{l+n}^l + 1.$$

Pour que la variété soit de première espèce, il faut en particulier que, quel que soit l , on ait

$$p > lm - C_{l+n}^l.$$

⁽²⁾ *Act. Sc. Ind.*, 210, 1935, p. 23.

⁽³⁾ *Rend. Circ. matemat. di Palermo*, 28, 1909, p. 36.

Si $n = 3$, $l = 1$; cette inégalité a été donnée par M. Dubreil ⁽⁴⁾. Les conditions ne sont pas suffisantes, et il ne suffit pas de connaître m et p pour savoir l'espèce d'une courbe gauche. Ainsi, dans E_3 les deux familles de noniques de genre 10 sont d'espèce différente.

TOPOLOGIE. — *Sur les variétés intégrales des champs d'éléments de contact complètement intégrables.* Note ⁽¹⁾ de M. **GEORGES REEB**, présentée par M. Elie Cartan.

Cette Note a pour objet l'étude des propriétés topologiques des variétés intégrales de certains champs d'éléments de contact de dimension p complètement intégrables définis sur une variété continûment différentiable V_n . Les notions de champ complètement intégrable ont été précisées dans une Note antérieure ⁽²⁾. Le théorème 1 suivant est une extension du théorème 1 de la Note citée.

THÉORÈME 1. — *Si V_n est une variété continûment différentiable et si E_p (p pair) est un champ d'éléments de contact de dimension p complètement intégrable, alors toute variété intégrale compacte V_p , homologue à zéro, aura sa caractéristique d'Euler-Poincaré nulle (sous réserve de l'existence d'une certaine subdivision simpliciale utilisée dans la démonstration).*

Corollaire 1. — Deux variétés intégrales compactes et homologues ont même caractéristique d'Euler-Poincaré $\chi(V_p)$.

Corollaire 2. — Une variété intégrale compacte homotope à zéro a sa caractéristique d'Euler-Poincaré nulle (ce corollaire peut se démontrer sans la réserve au théorème 1; cf. démonstration).

Corollaire 3. — Si le $p^{\text{ième}}$ groupe d'homotopie de V_n est fini, aucune variété intégrale ne peut être la sphère S_p ou l'espace projectif P_p .

Démonstration du théorème. — Supposons V_n plongée par une application continûment différentiable dans le R^N . La variété $V_{N+n-p-1}^*$ des vecteurs unités du R^N orthogonaux aux éléments du champ E_p (ou au besoin son revêtement orientable) est fibrée en sphères S_{N-p-1} et admet V_n (ou un revêtement de V_n) comme base. Soit φ l'application canonique de $V_{N+n-p-1}^*$ sur sa base, $\varphi^{-1}(V_p)$ sera une variété V_{N-1}^* . Soit ψ l'application qui à tout $x \in V_{N+n-p-1}^*$ associe l'extrémité du rayon de la sphère unité du R^N équipollent au vecteur x . Le degré de $\psi(V_{N-1}^*)$ est égal à $\chi(V_{N-1}^*) = 2\chi(V_p)$; ceci résulte d'un théorème de H. Hopf. Si V_n et $V_{N+n-p-1}^*$ sont munies de subdivisions simpliciales telles que φ soit une application simpliciale, V_p pourra être déformé en un cycle simplicial γ de V_n . $\varphi^{-1}(V_p)$ pourra, d'après le lemme de déformation des espaces fibrés, être

⁽⁴⁾ *Loc. cit.*, p. 26.

⁽¹⁾ Ch. Ehresmann m'a guidé dans ce travail par ses suggestions et son aide bienveillante.

⁽²⁾ Cf. Ch. EHRESMANN et G. REEB, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 955.

déformé dans $\varphi^{-1}(\gamma)$. $\varphi^{-1}(\gamma)$ est homologue à zéro, donc $\varphi^{-1}(\gamma)$ est homotope à zéro et $\varphi^{-1}(V_p)$ aussi. Le degré de ψ est donc zéro, d'où $\chi(V_p) = 0$. [Si V_p est homotope à zéro, $\varphi^{-1}(V_p)$ le sera aussi, ce qui démontre le corollaire 2 sans utiliser les subdivisions simpliciales].

THÉOREME 2 (conséquence du théorème 2 de la Note citée). — *Les seules variétés sur lesquelles il existe une fonction numérique continûment différentiable, dont les points singuliers soient des maxima ou des minima, sont les sphères S_n . Il n'y a qu'un maximum et qu'un minimum, et toutes les variétés de niveau sont des sphères.*

THÉOREME 3. — *En supposant p quelconque et V_n compact, si toutes les variétés intégrales de E_p sont régulières ou localement partout denses et si l'une d'elles au moins est régulière, alors il existe au moins une variété intégrale compacte (contenue dans l'adhérence de V_p).*

Les variétés intégrales contenues dans l'adhérence de V_p sont régulières et forment un ensemble ordonné inductif pour la relation d'ordre « V_p^1 contenue dans l'adhérence de V_p^2 ». Un élément maximal est une variété compacte.

Formes de Pfaff exactes sur V_n compact. — Soit V_n deux fois continûment différentiable, et soit ω une forme de Pfaff exacte et sans singularités (c'est-à-dire qui ne se réduit en aucun point à la forme zéro). Soient ω_i et χ_i ($i=1, \dots, k$) des bases duales dans les classes d'homologies des formes de degré 1 et des cycles de dimension 1. Soit $\omega \sim \sum \lambda_i \omega_i$ où p des λ_i sont rationnellement indépendants. Supposons V_n muni d'un tenseur fondamental g_{ik} tel que la norme correspondante de ω soit égale à 1 (ceci est toujours possible).

THÉOREME a. — *Les variétés intégrales de $\omega = 0$ sont isotopes et par suite homéomorphes.*

En effet, elles se déduisent de l'une d'entre elles, V_{n-1} , en portant une longueur constante sur les trajectoires orthogonales à partir de V_n .

THÉOREME b. — *Si $p = 0$ (et à fortiori si $k = 0$) il n'existe pas de telle forme exacte sans singularités.*

Si $p = 1$ les variétés intégrales sont compactes et forment une fibration de V_n en fibres V_{n-1} .

Si $p > 1$ les variétés intégrales sont partout denses.

THÉOREME c. — *Si k est le nombre de Betti pour la dimension 1 de V_{n-1} , on a $k = k - p$.*

Exemples de telles formes : 1° sur le tore T , les formes $\sum \lambda_i dx^i$, λ^i constantes ; 2° dans le produit topologique $V_{n-1} \times S_1$, la forme $\Omega = dr + \omega(a)$, où r est l'angle polaire sur S et $\omega(a)$ une forme exacte sur V_{n-1} .

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les domaines plans appuyables.*Note ⁽¹⁾ de M. **EUGÈNE BLANC**, présentée par M. Paul Montel.

D'un domaine E possédant une fonction d'appui (au sens local), uniforme, continue, périodique de période 2π , nous dirons qu'il est *appuyable* ⁽²⁾. La frontière F d'un tel domaine peut posséder des points doubles ou de rebroussement de première espèce, mais non d'inflexion ou de rebroussement de deuxième espèce. Nous admettrons en outre, pour les domaines considérés ici, que leur fonction d'appui $H(\varphi)$ est deux fois dérivable, ce qui exclut les segments rectilignes et entraîne l'existence, en tout point de la frontière, d'un rayon de courbure $R(\varphi) = H(\varphi) + d^2H(\varphi)/d\varphi^2$.

Nous désignerons par L (longueur algébrique), S (aire algébrique), Δ (déficit isopérimétrique algébrique), les expressions suivantes, qui peuvent avoir un signe quelconque, mais qui sont positives si le domaine appuyable est en outre convexe, c'est-à-dire si $R(\varphi)$ garde un signe constant :

$$L = \int_0^{2\pi} H(\varphi) d\varphi = \int_0^{2\pi} R(\varphi) d\varphi; \quad S = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} H(\varphi) R(\varphi) d\varphi; \quad \Delta = \frac{L^2 - 4\pi S}{4\pi}.$$

Nous désignerons enfin par E' le symétrique de E par rapport à l'origine, par F' sa frontière, par L' , S' , Δ' les expressions relatives à E' analogues à L , S , Δ . On a évidemment $L = L'$; $S = S'$; $\Delta = \Delta'$. La fonction d'appui de E' est $H'(\varphi) = H(\varphi + \pi)$.

On peut définir pour E un domaine vectoriel $(E + E')$ et un domaine moyen $[(E - E')/2]$, qui sont encore des domaines appuyables ⁽³⁾. Jordan et Fiedler considéraient déjà la *centrique* de E [frontière de $(E + E')/2$] et sa *médiale* (frontière du domaine moyen et lieu du milieu de la corde $M_\varphi M_{\varphi+\pi}$).

Soient maintenant deux domaines E_1 et E_2 . Nous poserons

$$E = \frac{E_1 + E_2}{2} \quad \text{et} \quad e = \frac{E_1 - E_2}{2}.$$

La frontière F de E sera dite *sommale du couple* (E_1, E_2) et la frontière f de e , sa *médiale*. On a visiblement :

$$\begin{aligned} H_1(\varphi) &= H(\varphi) + h(\varphi); & H_2(\varphi) &= H_2(\varphi + \pi) = H(\varphi) - h(\varphi), \\ R_1(\varphi) &= R(\varphi) + r(\varphi); & R_2(\varphi) &= R_2(\varphi + \pi) = R(\varphi) - r(\varphi). \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Séance du 29 janvier 1944.

⁽²⁾ Jordan et Fiedler, *Contribution à l'étude des courbes convexes fermées...*, Paris, (1912) ont été semble-t-il les premiers à considérer les frontières des tels domaines sous le nom de *courbes* π . Leur travail semble être passé à peu près inaperçu et ce n'est que plusieurs années après que M. Geppert a considéré les domaines appuyables sous le nom de *Stützberiche* (*Math. Zeits.*, 42, 1937, p. 238).

⁽³⁾ Voir par exemple, pour le cas d'un domaine convexe, VINCENSINI, *Mém. Sci. math.*, fasc. 94, 1938, pp. 21 et suivantes.

On en déduit aisément :

$$\begin{aligned} L_1 &= L + l; & L_2 &= L_2' = L - l, \\ S_1 &= S + 2\Sigma + s; & S_2 &= S - 2\Sigma + s = S_2', \\ S &= \frac{1}{4}S_1 + \frac{1}{2}S_{12}' + \frac{1}{4}S_2; & s &= \frac{1}{4}S_1 - \frac{1}{2}S_{12}' + \frac{1}{4}S_2, \end{aligned}$$

Σ étant l'aire mixte algébrique de E et e , et S_{12}' l'aire mixte algébrique de E_1 et E_2' . On en conclut :

$$\begin{aligned} (a) & \quad S_1 + S_2 = 2(S + s), \\ (b) & \quad S_1 - S_2 = 4\Sigma, \\ (c) & \quad S_{12}' = S - s, \\ (d) & \quad S_{12}' - S_1 S_2 = 4[\Sigma^2 - Ss]. \end{aligned}$$

La relation *a* généralise une relation obtenue pour le cas d'un seul domaine par Jordan et Fiedler, et liant l'aire du domaine à celles de la centrique et de la médiale ⁽⁴⁾. On obtient pour les déficits isopérimétriques des relations analogues faisant intervenir les déficits mixtes.

Un cas particulier important est celui où la sommale est un cercle de rayon R : aires, longueurs, déficits s'expriment alors d'une façon particulièrement remarquable au moyen de l'aire et de la longueur de la médiale :

$$\begin{aligned} (1) & \quad L = \pi R + l; & L &= \pi R - l, \\ (2) & \quad S_1 = \frac{\pi R^2}{4} + \frac{Rl}{2} + s; & S_2 &= \frac{\pi R^2}{4} - \frac{Rl}{2} + s, \\ (3) & \quad \Delta_1 = \Delta_2 = \delta = \frac{l^2 - 4\pi s}{4\pi}, \\ (4) & \quad S_1 + S_2 = \frac{\pi R^2}{2} + 2s; & S_1 - S_2 &= Rl, \\ (5) & \quad S_1 + 2S_{12}' + S_2 = \pi R^2 > 0, \\ (5') & \quad S_1 - 2S_{12}' + S_2 = 4s, \\ (6) & \quad S_{12}' - S_1 S_2 = \pi R^2 \delta. \end{aligned}$$

Si E_1 et E_2 sont confondus (la frontière commune est alors une *courbe d'épaisseur constante*, non forcément convexe), l est nul; les relations (1) à (6) prennent alors une forme remarquable; en particulier $\Delta_1 = -s$.

Enfin, si l'on suppose que E_1 et E_2 sont convexes (ils sont alors *nécessairement* *scr* R et R -*complémentaires*), s est essentiellement négative. La relation (3) peut s'écrire $\Delta_1 = \Delta_2 = l^2/4\pi + |s| > 0$. Elle se réduit à $\Delta = |s|$ dans le cas où E_1 et E_2 sont confondus c'est-à-dire sont des orbiformes ⁽⁵⁾. On retrouve ainsi,

⁽⁴⁾ Dans le cas particulier d'un domaine convexe, l'aire s de la médiale est négative et la relation de Jordan et Fiedler équivaut à la suivante $A(V) - 4S = 4|s|$; M. Ganapathi l'a retrouvée récemment sous cette forme, mais avec une erreur numérique (8 au lieu de 4 au second membre) (*Math. Zeits.*, 38, 1934, p. 488).

⁽⁵⁾ E. BLANC, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 662.

comme cas très particulier de la formule (3) et, avec la correction nécessaire, une relation déduite par M. Vincensini de la relation erronée de M. Ganapathi ⁽⁶⁾. Notons enfin que, dans le cas des ensembles R-complémentaires, $S_1 - 2S'_{12} + S_2 = 4s$ est par conséquent négatif, ce qui entraîne la concavité de S dans la série linéaire déterminée par E_1 et E_2 , tandis que $S'_{12} - S_1 S'_2 = \pi R^2 \delta = (R^2/4)(l^2 + 4\pi |s|)$ donne une forme améliorée de l'inégalité de Brunn-Minkowski.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une identité de la théorie du photon,*

Note de M. LÉON BLOCH.

Comme l'a fait voir Louis de Broglie ⁽¹⁾, la relation

$$(1) \quad (\Sigma F) = (\sigma_x f_x - \sigma_y f_y - \sigma_z f_z) = 0$$

est vérifiée pour l'onde plane monochromatique dans le cas de l'électron. Pauli et Costa de Beauregard ont montré qu'elle était générale. On trouve en effet ⁽²⁾, pour $-\sigma_x f_x - \sigma_y f_y$, l'expression suivante (à un facteur près)

$$(2) \quad 2[(\psi_1^* \psi_2 + \psi_3^* \psi_4)(\psi_2^* \psi_3 + \psi_4^* \psi_1) + (\psi_2^* \psi_1 + \psi_4^* \psi_3)(\psi_1^* \psi_4 + \psi_3^* \psi_2)]$$

et, pour $\sigma_x f_x - \sigma_z f_z$, l'expression

$$(3) \quad -2[(\psi_1^* \psi_1 + \psi_3^* \psi_3)(\psi_2^* \psi_4 + \psi_4^* \psi_2) + (\psi_2^* \psi_2 + \psi_4^* \psi_4)(\psi_1^* \psi_3 + \psi_3^* \psi_1)]$$

qui annule exactement la précédente.

Dans le cas du photon, les densités d'éléments de matrices σ_x , f_x etc. doivent être modifiées à un double point de vue : 1° toute densité telle que f_x , σ_x etc. doit être remplacée par la moyenne de deux densités

$$(4) \quad \frac{f_x^A + f_x^B}{2}, \quad \frac{\sigma_x^A + \sigma_x^B}{2}, \dots$$

Les indices A et B signifient que, dans l'opérateur correspondant, les matrices α de Dirac doivent être remplacées, soit par les matrices A, soit par les matrices B de de Broglie; 2° les expressions provisoires telles que (4) doivent être remplacées par les expressions définitives

$$(5) \quad \frac{f_x^A B_i + f_x^B A_i}{2}, \quad \frac{\sigma_x^A B_i + \sigma_x^B A_i}{2}, \dots$$

Les f_x^A , f_x^B etc. sont maintenant des formes quadratiques de fonctions Φ_{ik} à deux indices, sommées respectivement par rapport à l'un ou l'autre de ces indices.

Nous commençons par faire la vérification sur les expressions (4). Lorsque

⁽⁶⁾ *Loc. cit.*, p. 44.

⁽¹⁾ *L'Électron magnétique*, p. 221.

⁽²⁾ Voir *Nouvelle Théorie de la Lumière*, 1, p. 110.

nous faisons des produits tels que $\sigma_x f_x$, ces produits donneront des termes du type AA' , des termes du type BB' , et des termes rectangles $AB' + BA'$. Les termes AA' donnent lieu aux mêmes calculs que dans le cas de l'électron, avec cette différence que chacun des termes (2) et (3) doit être remplacé par une somme de termes prise par rapport à un second indice k ; la somme totale reste égale à zéro.

Passons aux termes du type BB' . Quand on remplace les matrices A par les matrices B , il y a changement de signe chaque fois que l'opérateur contient la matrice B_z . Tel est le cas pour $\sigma_x^B, \sigma_y^B, \sigma_z^B$ (σ_z^B gardant son signe); tel est aussi le cas pour f_x^B, f_y^B, f_z^B (f_z^B gardant leur signe). Il suit de là que *tous* les produits $\sigma_x f_x, \sigma_y f_y, \sigma_z f_z, \sigma_k f_k$ changent de signe; la somme totale des termes BB' reste égale à zéro.

Quant aux termes $AB' + BA'$, ils s'annulent identiquement deux à deux, car si l'on compare des produits tels que $\sigma_i^A f_i^B \sim \sigma_i^A f_i^A$ et $\sigma_i^B f_i^A \sim \sigma_i^A f_i^A$, il y a, d'après ce qui vient d'être dit, changement de signe pour les uns et non pour les autres.

L'identité (1) est donc démontrée pour le photon dans le cas des opérateurs (4). Elle subsiste pour les opérateurs (5). La présence des matrices A_k et B_k a pour unique effet de changer les signes de certains Φ_{ik} non étoilés (lorsque $i=1,2$ ou $k=3,4$ respectivement). Ces changements de signe, portant à la fois sur tous les termes associés dans une même compensation, qui a lieu identiquement, ne modifieront pas cette compensation.

L'identité $(\Sigma F)=0$, que nous venons d'établir en la formulant à l'aide des Φ_{ik} , peut aussi se formuler, grâce aux expressions de Géheniau ⁽³⁾ à l'aide des grandeurs électromagnétiques, et devient alors une identité générale entre grandeurs maxwelliennes et grandeurs non maxwelliennes.

On sait par ailleurs que l'on a pour l'électron

$$(6) \quad F^2 = c^2 \rho^2 - f_x^2 - f_y^2 - f_z^2 = c_1^2 (I_1^2 + I_2^2)$$

et

$$(7) \quad \Sigma^2 = \sigma_x^2 - \sigma_y^2 - \sigma_z^2 = \frac{h^2}{16\pi^2} (I_1^2 + I_2^2).$$

D'où

$$(8) \quad \frac{\Sigma}{F} = \pm \frac{h}{4\pi c}.$$

On vérifie aisément que les mêmes formules sont valables dans le cas du photon.

(3) Voir *Nouvelle Théorie de la Lumière*, 1, pp. 175 et 185.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Nouvel henrymètre à lecture directe.*
 Note de M. **RENÉ BARTHELEMY**, présentée par M. Camille Gutton.

Vers 1920, j'avais créé un premier henrymètre à lecture directe, utilisant un générateur avec commutateur tournant, fournissant une intensité moyenne uniquement fonction de la self-inductance d'un bobinage, indépendante de la résistance.

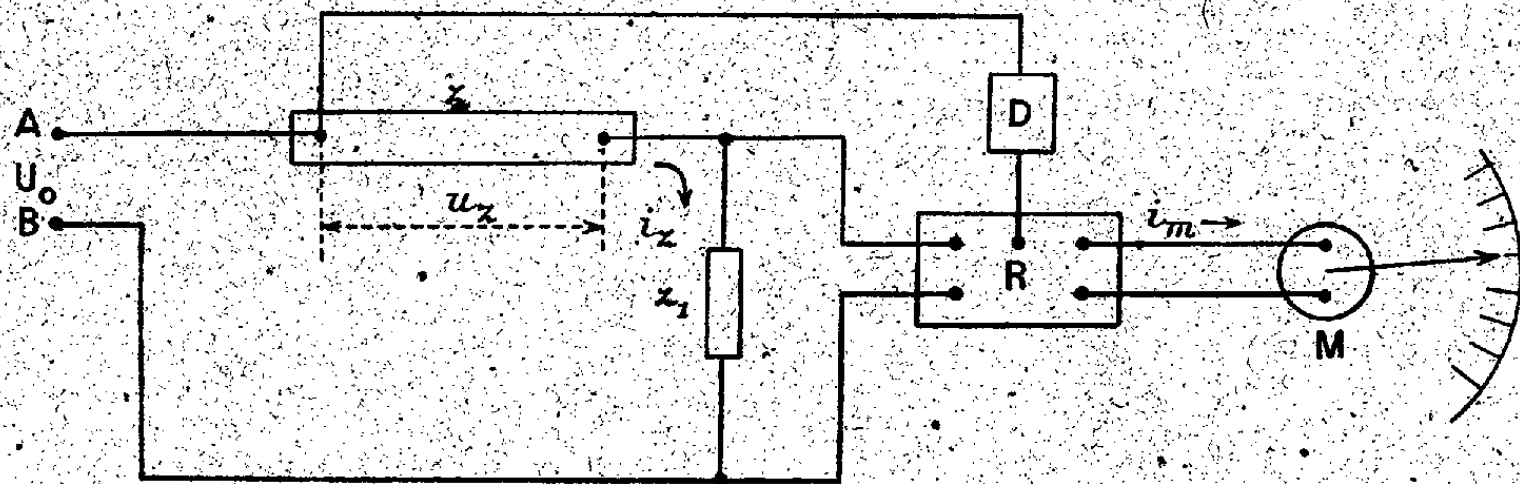
J'ai transposé cette méthode dans le domaine des commutateurs électroniques, évitant ainsi tout organe mécanique, et réalisé un appareil d'une grande simplicité de construction et d'emploi, et qui s'adapte aussi facilement aux mesures de capacités et de résistances qu'à celles des inductances.

Cet appareil résout le problème suivant :

Déterminer l'impédance Z , représentée sur la figure, et pour laquelle u_z est la tension aux bornes et i_z le courant, par une lecture sur un appareil à courant continu.

La valeur vectorielle $(z) = (u_z/i_z)$ ne peut, sauf dans des cas simples, être obtenue par de simples redresseurs adaptés à des appareils à cadre mobile mesurant le courant moyen ; la solution nouvelle permet avec de tels appareils d'obtenir, en lecture directe, les composantes réelles et imaginaires de Z .

Le schéma de la figure indique le principe de cette solution.



L'impédance Z est placée en série avec une impédance Z_1 et l'ensemble $Z + Z_1$ est soumis à une tension alternative de fréquence convenable u_0 , en général peu élevée.

Un courant i_z circule donc dans le circuit. La différence de potentiel u_z agit sur un circuit dérivé, de consommation pratiquement nulle, et qui comporte un relais électronique R associé à un système de détection, donnant un courant moyen i_m dans l'appareil de mesure M .

D'autre part, le relais R est soumis à une tension proportionnelle à u_z , la phase de cette tension est réglable par un décaleur D .

Le relais R est ainsi bloqué à chaque alternance négative pendant $1/2$ période et, au contraire, le courant i_m passe librement pendant les alternances positives.

Si l'on désigne par φ le déphasage de la tension de blocage par rapport à la tension u_z , on démontre que le courant moyen i_m est proportionnel à

$$i_m = K i_z \cos \varphi.$$

En choisissant convenablement la phase de la tension auxiliaire de blocage, l'intensité i_m peut représenter soit la composante de i en phase avec u_z , soit la composante en quadrature avec cette tension.

Cette propriété est à la base des appareils destinés à la mesure des inductances et des capacités. On détermine la valeur de l'impédance par le quotient de la tension aux bornes par un courant, mais ce courant n'est que la composante du courant total qui est décalée de $\pi/2$ sur la tension. On élimine ainsi l'influence de la résistance.

Le quotient est mesuré par un appareil à aimant à deux cadres type logomètre. L'un des cadres donne un couple proportionnel à $K i_z \cos \varphi$ et l'autre un couple proportionnel à u_z . L'aiguille peut donc indiquer directement le rapport

$$\frac{u_z}{i_z \cos \varphi},$$

qui définit, à un coefficient près, la valeur de la self-inductance, de la capacité ou de la résistance, selon la valeur de $\cos \varphi$.

Un schéma un peu différent est employé pour la mesure des faibles inductances. On intervient les emplacements de l'impédance à mesurer Z et de l'impédance de comparaison, celle-ci étant constituée, dans ce cas, par une résistance pure ρ , très élevée par rapport au terme $L\omega$, L étant l'inductance à mesurer présentant une résistance r .

Une différence de potentiel

$$u = i \sqrt{L^2 \omega^2 + r^2}$$

est appliquée au circuit d'entrée du relais amplificateur et la tension amplifiée débite, sur l'espace anode-cathode d'une deuxième lampe, une intensité i_m périodiquement coupée par l'action de la tension fournie par le déphaseur D . Cette dernière tension a une phase telle que le courant i_m est nul lorsqu'on remplace l'inductance à mesurer par une résistance pure.

Une même alimentation continue alimente à la fois les tensions d'anode des lampes et le cadre dont le couple s'oppose à celui traversé par le courant i_m .

Dans ces conditions, on peut démontrer que l'angle dont dévie l'appareil est indépendant de la tension, de la partie ohmique de l'impédance à mesurer et n'est fonction que de la seule inductance L .

On réalise ainsi un appareil fournissant, par lecture directe, les mesures d'inductances, même très faibles, de quelques centimètres, employées en radioélectricité.

FERROMAGNETISME. — *Représentation mathématique des cycles d'hysteresis.*

Note de M. PIERRE BRICOUT, présentée par M. Charles Fabry.

L'établissement d'une théorie générale des inductances avec circuit ferromagnétique m'a amené à mettre au point une méthode pour la représentation des cycles d'hysteresis par une formule mathématique. On peut ainsi effectuer *algébriquement* l'analyse harmonique de l'intensité circulant dans les inductances si les cycles effectivement décrits sont représentés avec une précision au moins égale à celle des mesures (1/100 en général). Ce résultat est facilement atteint pour les cycles dynamiques des matériaux employés en électrotechnique et la méthode convient également pour la représentation de nombreux cycles statiques et dynamiques.

Dans la plupart des appareils industriels, la chute ohmique dans les enroulements est très petite par rapport à la tension appliquée et *l'induction est une fonction pratiquement sinusoïdale du temps*. Il est donc rationnel d'exprimer explicitement le champ magnétisant *moyen* \mathcal{H} en fonction de l'induction *moyenne* \mathcal{B} dans le circuit magnétique par une relation $\mathcal{H} = f(\mathcal{B})$ représentant le cycle d'hysteresis après une permutation des axes habituellement employés. On simplifie le problème en représentant chaque branche du cycle (portion de courbe comprise entre un sommet et l'axe $O\mathcal{H}$) par une fonction; par suite des symétries on n'a, en fait, qu'à déterminer les deux fonctions $f_1(\mathcal{B})$ et $f_2(\mathcal{B})$ représentant respectivement les petites et les grandes branches du cycle.

On effectue directement cette recherche en mesurant le coefficient angulaire de la tangente en un certain nombre de points du cycle et en traçant, pour chaque branche, une courbe $\varphi(\mathcal{B})$ dite *indicatrice* ayant pour abscisses les valeurs de l'induction \mathcal{B} et pour ordonnées les logarithmes des coefficients angulaires $d\mathcal{H}/d\mathcal{B}$. Les formes des indicatrices se ramènent à trois types principaux :

a. *Indicatrice hyperbolique.* — La courbe $\varphi(\mathcal{B})$ se rapproche rapidement d'une asymptote d'équation

$$y = \alpha + \beta \mathcal{B}$$

et reste confondue avec celle-ci pour la valeur maximum \mathcal{B}_m de \mathcal{B} . La fonction représentative de la branche est alors du type

$$\mathcal{H} = A + B \operatorname{sh} C \mathcal{B}$$

avec $A = \pm \mathcal{H}_c$, champ coercitif; $C = \beta/M$ (M , module des logarithmes décimaux) et

$$B = \frac{\mathcal{H}_m - A}{\operatorname{sh} C \mathcal{B}_m}.$$

b. *Indicatrice hyperbolique avec correction terminale.* — Dans ce cas, la courbe $\varphi(\mathcal{B})$ vient se confondre avec l'asymptote sur une certaine longueur

puis elle se décolle et monte rapidement pour les valeurs de β voisines de β_m . L'accroissement de \mathcal{H} est alors bien représenté par un terme en sinus hyperbolique jusqu'à la valeur β_1 de β pour laquelle $\varphi(\beta)$ se décolle de l'asymptote, mais il faut ajouter à la fonction représentative un terme exponentiel (correction terminale) n'ayant de valeur appréciable qu'au voisinage de la pointe du cycle ($\beta_1 < \beta \leq \beta_m$) soit

$$\mathcal{H} = A + B \operatorname{sh} C\beta + D e^{F(\beta - \beta_m)}.$$

Les coefficients A , B , C sont déterminés comme en a , mais en substituant β_1 à β_m . $D = \mathcal{H}_m - A - B \operatorname{sh} C\beta_m$ et enfin le coefficient F est choisi de manière à assurer la coïncidence des courbes représentative et expérimentale pour une valeur de β intermédiaire entre β_1 et β_m .

c. Indicatrice parabolique. — On peut établir que ce cas se ramène au précédent, le terme exponentiel prenant alors une importance comparable à celle du terme en sinus hyperbolique.

L'intensité du courant dans une inductance dont les tôles décrivent un cycle d'amplitude β_m est proportionnelle à \mathcal{H} ; elle est exprimée pendant la description des petites branches du cycle par la formule

$$i = K [A_1 + B_1 \operatorname{sh}(C_1 \beta_m \sin \omega t) + D_1 e^{F_1 \beta_m (\sin \omega t - 1)}]$$

et pendant la description des grandes branches par une formule analogue caractérisée par les indices 2.

Le développement en série de Fourier de l'intensité ne comporte que des harmoniques *impairs*

$$i = \sum_{n=0}^{\infty} (I_{2n+1} \sin(2n+1)\omega t + J_{2n+1} \cos(2n+1)\omega t),$$

dont les coefficients peuvent être aisément calculés. En posant

$$p_1 = C_1 \beta_m, \quad p_2 = C_2 \beta_m, \quad q_1 = F_1 \beta_m, \quad q_2 = F_2 \beta_m,$$

on trouve par exemple

$$I_{2n+1} = \frac{K}{\pi} [B_1 M_{2n+1}(p_1) + B_2 M_{2n+1}(p_2) + D_1 R_{2n+1}(q_1) + D_2 R_{2n+1}(q_2)]$$

avec

$$M_{2n+1}(p) = -\pi j J_{2n+1}(jp), \quad R_{2n+1}(q) = (-1)^n \sqrt{\frac{2\pi}{q}} e^{-\frac{(2n+1)^2}{2q}},$$

J_{2n+1} étant la fonction de Bessel de première espèce d'ordre $2n+1$. Les coefficients J_{2n+1} sont exprimés par des formules de type analogue; j'ai calculé des tables grâce auxquelles l'analyse harmonique de l'intensité peut être effectuée très rapidement. Celle-ci permet diverses applications.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étapes intermédiaires au cours de la transformation de l'adrénaline en adrénochrome*. Note de M. MAURICE RANGIER, présentée par M. Marc Tiffeneau.

J'ai étudié la transformation de l'adrénaline en adrénochrome, par le bioxyde de plomb en milieu faiblement acétique, qui est un excellent agent de transformation. Ce réactif présente, en outre, l'avantage de pouvoir être éliminé du champ de la réaction; si l'on ajoute, en effet, du sulfate de sodium à la solution, il se forme du sulfate de plomb provenant de l'acétate de plomb qui s'est dissous pendant l'oxydation; l'addition d'une goutte d'une solution de chlorure de baryum à 10 % produit, en outre, un précipité de sulfate de baryum qui entraîne par centrifugation le précipité colloïdal de sulfate de plomb et permet d'obtenir un liquide clair.

Pour effectuer la réaction, on opère sur 10^{cm³} d'une solution de chlorhydrate d'adrénaline à 1/10000; on y ajoute 10^{cm³} d'une solution de sulfate de sodium à 10 %, puis une goutte d'acide acétique et une pincée de bioxyde de plomb; on agite avec une baguette de verre, la réaction est instantanée et, par centrifugation, on obtient un liquide coloré en rouge. Si l'on ajoute, au liquide décanté, une goutte d'une solution de chlorure de baryum à 10 %; et si l'on centrifuge à nouveau, le liquide obtenu qui est rouge et limpide ne présente qu'une très faible fluorescence à la lumière de Wood.

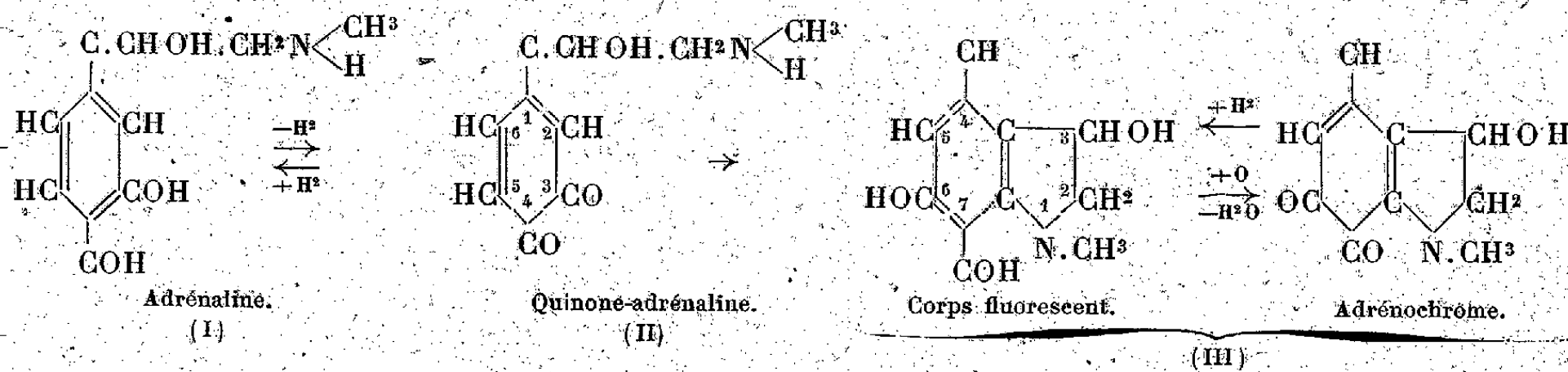
La teinte est stable tant que la solution est à un pH acide; en effet, si l'on effectue plusieurs réactions en milieu acétique et à des pH variables, on constate que de pH 3,6 à pH 6, c'est-à-dire dans une zone assez étendue, la coloration rouge est sensiblement identique. La réaction faite à pH 2 environ, obtenue en remplaçant l'acide acétique par une goutte d'acide sulfurique, est jaune légèrement rose et à pH 1,2 environ (5 gouttes d'acide sulfurique) franchement jaune.

Si l'on effectue la réaction dans un tube de centrifugeur avec seulement une goutte d'acide acétique, le liquide rouge ainsi obtenu se décolore instantanément par l'addition d'une goutte de solution concentrée de bisulfite de sodium; si alors on ajoute une goutte de la solution de chlorure de baryum et si l'on centrifuge comme précédemment, le liquide décanté, examiné à la lumière de Wood, présente une belle fluorescence jaune stable. Donc la réduction de l'adrénochrome par le bisulfite donne une substance fluorescente qui serait le 1-méthyl-2.3-dihydro-3-hydroxy-6.7-dihydroxyindol, c'est-à-dire l'orthodiphénol correspondant à l'adrénochrome.

Il est intéressant de constater que la présence de groupements phénoliques exalte fortement la fluorescence du noyau indol à la lumière de Wood; en effet l'indoxyle ou β -oxyindol est aussi très fluorescent; or, l'adrénochrome et l'indol ne sont que très peu fluorescents dans ces conditions.

Quel est le mécanisme de la cyclisation du noyau indol en partant de l'adrénaline ?

Si, comme on l'a vu, on effectue l'oxydation plombique à pH 1,2 environ, on obtient un liquide jaune qui se décolore par le bisulfite sans donner de fluorescence appréciable; on est donc revenu à l'adrénaline et il n'y a pas eu cyclisation. Le dérivé jaune était l'orthoquinone de l'adrénaline [équation (I)].



Seul le dérivé rouge, l'adrénochrome, qui prend naissance dans les réactions effectuées dans une zone de pH située approximativement entre pH 2 et pH 6, donne par réduction bisulfitique le corps fluorescent [équation (III)].

La même substance fluorescente jaune peut s'obtenir, sans faire intervenir le bisulfite, en neutralisant simplement le milieu par un oxyde indifférent. En effet, après que l'on a neutralisé par l'oxyde de zinc le liquide jaune provenant de l'oxydation plombique, on constate que le liquide qui s'est coloré en rouge présente après filtration une belle fluorescence jaune en lumière de Wood, sans avoir eu à faire intervenir le réducteur [équation (II)].

La cyclisation, ici donc, s'est effectuée spontanément par neutralisation avec formation du corps fluorescent, c'est-à-dire par la seule variation du pH de la solution. Quant à la coloration rouge qui accompagne celle-ci, elle est due à l'oxydation spontanée au contact de l'air d'une partie du corps fluorescent qui se transforme en adrénochrome [équation (III)].

Au cours de la cyclisation, les deux hydrogènes, celui fixé au carbone en position (2) et l'hydrogène fixé à l'azote, par migration moléculaire et par un mécanisme d'oxydo-réduction interne, produisent la cyclisation du noyau indol.

La présence de deux oxhydriles en position *ortho* est nécessaire pour que la cyclisation s'effectue. L'éphédrine, en effet (phényl-1-méthylamino-2-propanol-1), traitée comme précédemment par l'acide acétique, le peroxyde de plomb et le bisulfite, ne présente aucune fluorescence.

Conformément à cette manière de voir, le formol, qui inhibe la réaction de l'adrénaline décrite par Denigès (chlorure mercurique en milieu acéto-acétique), agirait en bloquant la fonction amine et probablement aussi en formant, avec les deux oxhydriles phénoliques, un éther méthylénique, c'est-à-dire en supprimant les deux hydrogènes qui permettent la cyclisation et le passage à l'adrénochrome.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le dimorphisme des bromures des esters de la choline.*
Note de M^{lle} CÉCILE STORA.

Les bromures des esters de la choline, tout comme les iodures correspondants (1), cristallisent de leurs solutions en fines tablettes rectangulaires (forme A) ou en minces feuillets losangiques (forme B), les deux formes étant aussi tricliniques. Nous avons recherché s'il s'agissait, comme pour les iodures, d'un cas de dimorphisme.

Forme A des bromures de lauryl- et palmitylcholine. — La face prédominante de ces cristaux, peu biréfringents, est (001).

Ce sont des biaxes positifs. Le grand axe n_g de l'ellipsoïde des indices est sensiblement perpendiculaire au plan (001). Cependant, si l'extinction des iodures est toujours droite par rapport à b , celle d'une partie des bromures (bromure de palmitylcholine en particulier) est oblique sur b de $15^\circ \pm 1^\circ$.

Seuls les cristaux de bromure à extinction droite ont été comparés aux iodures. L'angle des axes optiques $2V$ vaut $32^\circ \pm 1^\circ$ pour le bromure de laurylcholine et $27^\circ \pm 1^\circ, 5$ pour le bromure de palmitylcholine.

Les mailles élémentaires des bromures ne diffèrent de celles des iodures correspondants que par une faible variation de a (9,27 au lieu de 9,5 Å). Il est à noter que la substitution du brome à l'iode n'affecte pas l'équidistance des plans (001), résultat qui ne s'explique que si les longues chaînes sont dirigées, dans les bromures comme dans les iodures, au voisinage de c , la diminution (0,16 Å) de d_{001} étant alors inférieure à l'ordre de grandeur de l'erreur expérimentale (0,15 à 0,3 Å). Leur groupe spatial est $C_1 = P1$.

Forme B des bromures de lauryl-, palmityl- et stéarylcholine. — Dans le plan de la face prédominante (001), la direction de l'allongement (b) fait avec l'arête a un angle de $38^\circ \pm 1^\circ$.

Le grand axe n_g de l'ellipsoïde des indices, incliné de $27^\circ \pm 1^\circ$ sur (001), est la bissectrice de l'angle aigu des axes optiques qui vaut $72^\circ \pm 1^\circ, 5$, pour le bromure de stéarylcholine. L'axe moyen n_m est voisin de (001) (3 à 5°). Le plan des axes optiques fait un angle de $6^\circ \pm 1^\circ, 5$ avec l'arête a .

Au cours du temps, les cristaux de la forme B se transforment en ceux de la forme A plus stable. Cette évolution, de quelques heures pour le lauryl, est d'environ deux mois pour le palmityl et de plus d'un an pour le stéaryl. Elle a pu être suivie au microscope polarisant et aux rayons X.

Ainsi un cristal de bromure de stéarylcholine, de la forme B transformé seulement à l'une de ses extrémités, donne au microscope, sur la partie non transformée, de vives teintes d'interférences avec un pôle à la limite du champ, correspondant à l'angle des axes optiques de 72° et, sur la partie transformée,

(1) H. LOURY, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 682; C. STORA, *ibid.*, 210, 1941, p. 107.

un système d'hyperboles, correspondant à un angle des axes optiques de $2V = 26^\circ$, totalement différent du premier et voisin de celui que donne la forme A des bromures de lauryl et de palmitylcholine.

Aux rayons X, un cristal de bromure de palmitylcholine qui, avant transformation, présentait les dimensions cellulaires de la forme B, possède, après une évolution parfois parfaite (extinction uniforme au microscope polarisant) les dimensions de la forme A. Dans le cristal transformé, l'arête b n'est plus une direction de périodicité et une nouvelle période a' identique à celle a de la forme A s'observe dans une direction perpendiculaire à l'arête a de la forme B.

La variation de l'angle des axes optiques et celle des dimensions cellulaires au cours du passage de la forme B à la forme A, *confirment l'existence d'un dimorphisme cristallin des bromures analogue à celui des iodures.*

Orientés sur lamelles de verre, les bromures des esters de la choline présentent, comme les iodures, des équidistances d_{001} correspondant principalement à celles de la forme B. Dans le cas du bromure de laurylcholine, une des équidistances de la forme A (24,29 Å) coexiste avec celle (27,61 Å) de la forme B.

		Périodicité de translation.		d_{001} en Å = $c \sin \beta$.		Indices de réfraction.			Angles du système.	
		a .	b .	Cristal.	Couche mince.	n'_p .	n'_m .	n'_g .		
Laurate	B	5,6 ₃	7,3 ₈	24,6 ₇	24,6 ₉	—	—	—	—	—
	A	8,0 ₁	9,2 ₁	27,6 ₁	27,6 ₁	1,523	1,527	—	93°,3	90°
Palmitate	A	8,0	9,2 ₂	32,5 ₆	—	1,525	1,530	—	97	93
	B	9,2 ₈	7,1 ₄	28,9	29,1	—	—	—	—	—
Stéarate	B	9,2 ₇	7,1 ₈	31,1 ₇	31,2 ₄	—	1,551	1,560	—	—

PÉTROGRAPHIE. — *Caractères généraux du massif granito-dioritique du Tichka* (Maroc). Note de M. HENRI TERMIER et M^{me} GENEVIÈVE TERMIER.

Nous appelons massif granito-dioritique de Tichka⁽¹⁾, d'après le nom donné par les indigènes à sa partie la plus haute, un massif de plutonites et de roches métamorphiques variées situé dans le Haut-Atlas à 100^{km} au SW de Marrakech et à 50^{km} au NNE de Taroudant, entre le Sous au S, les Guedmioua au N, les Idâ ou Mahmoud à l'W et les Gundafa à l'E. Il se présente comme une ellipse de 22^{km} de long sur 10 à 12 de large, dont le grand axe est NE. Le granite culmine à 3369^m (Amendech) et son auréole à 3449^m (Aoulim de Tiouialine). Les niveaux coupés ou digérés par lui sont les suivants :

- 1° Andésite, tufs et conglomérats à éléments éruptifs, du Tizi Oufra;
- 2° Calcaires nous ayant fourni des *Archæocyathus*, à 1500^m au SE d'Ouzirhmt et alternant avec des schistes, à l'W et à l'E du massif;

(¹) Les résultats de notre étude, commencée en 1933, se font donnés en détail dans un Mémoire en cours de rédaction.

3° Schistes et grès. Le premier niveau correspond au « Géorgien inférieur » de L. Neltner. Le second doit être voisin de la limite Géorgien-Acadien. Quant au troisième il doit embrasser partie du Cambrien, partie du Silurien.

Le massif affecte une allure en dôme, marquée surtout dans la moitié S où ses différentes unités, ainsi que les roches de l'auréole, dessinent un grand mouvement tournant qui n'est peut-être pas une terminaison périelinale. De l'extérieur vers le centre, on peut distinguer trois zones : 1° à la périphérie, le granite offre un contour parfois très simple (Alekjane, Ouaoussarmel), mais le plus souvent compliqué par une multitude d'apophyses, dykes, sills et filons (Timezguida n'Tsenelt) ou même par un réseau de surfaces gauches et de filaments innombrables (Anamérou-Maouas), mode de gisement pour lequel nous proposons le nom de *granite en mycélium*. Nul doute que, en ces points, il ne s'agisse d'une roche intrusive. 2° Plus à l'intérieur, le granite est *encombré* par des bandes de sédiments enclavées, pouvant se suivre sur plusieurs kilomètres de long et ayant atteint un degré de métamorphisme élevé. 3° Dans la partie centrale, on observe une *disposition zébrée* qui résulte de l'alternance presque régulière entre granite et diorite (chez les Tigouga autour d'Iharfach et, sur le plateau d'Imellalene, entre Imirguene et Taourirt Noualous), ou bien entre granite, diorite et migmatites (Amatiter, Igué Oudreg, Afa Naaraf). Les contours sont relativement nets entre granite et diorite, mais flous entre ces roches et les migmatites. Il y a en effet passage graduel, et les plutonites renferment des enclaves, sans bords définis, de migmatites. Dans ce cas le granite, dont la texture est assez variable, offre des caractères d'anatexie. Ces faits permettent de classer le massif du Tichka entre le type circonscrit et le type diffus, et de le rapprocher des batholithes subautochtones de Jung, Roques et Richard ⁽²⁾.

L'ensemble des plutonites, corps résistant au sein d'un matériel plus souple, est devenu un champ de *fractures*. Celles-ci, nombreuses dans la partie SW où elles offrent parfois de curieuses modalités (failles plates bordant sur trois côtés le J. Tirhisit), sont visibles surtout dans le centre et le nord du massif, et les principales convergent au voisinage de Targa-Oufella en dessinant un éventail d'environ 90°. L'une d'elles, quasi méridienne, se suit sur 10 km; presque toutes offrent des lèvres bien caractérisées (murs droits utilisés par les indigènes comme parois d'abris pour les moutons) et de beaux exemples de broyage dont on observe tous les degrés dans le granite, avec épaves de la roche saine noyées dans une pâte chloriteuse.

L'âge du massif est pratiquement impossible à fixer, par suite du manque de niveaux stratigraphiques en nombre suffisant. On peut seulement dire avec L. Neltner que le granite est postcambrien et antémiasique. Mais la parenté pétrographique et métallogénique du massif du Tichka avec celui d'Azegour

(2) B. C. G. F., 39, 1938, p. 120.

permet de supposer que tous deux se sont formés à peu près à la même époque. Or, d'après le dernier géologue ⁽³⁾ qui l'a étudié, le granite d'Azegour serait *postérieur à tous les accidents hercyniens qu'il recoupe*. Au Tichka, il n'est pas facile de décider si la masse principale du granite s'est mise en place dans la longue phase de détente qui a suivi le paroxysme hercynien majeur ⁽⁴⁾ ou si elle s'est formée entre les à-coups de ce paroxysme même : la disposition zébrée mentionnée plus haut et la fréquence de la structure orientée dans le granite parleraient plutôt en faveur d'une origine syntectonique. D'ailleurs, si l'on entre dans le détail, on ne peut échapper à l'idée de *venues granitiques successives* : ainsi, l'accident d'Azrou n'Tahageit, presque NS, s'est produit le long d'un dyke multiple de granite qui a coupé les bandes de diorites et de granite d'Imellalene.

GÉNÉTIQUE. — *Formes amphidiploïdes du genre Nicotiana obtenues par l'action de la colchicine*. Note de MM. ALEXANDRE FARDY et HENRI HITIER, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons obtenu, outre les hybrides amphidiploïdes déjà signalés ⁽¹⁾ :
 1° *Nicotiana Bigelovii* Wats. ($n = 24$) \times *N. glutinosa* L. ($n = 12$). Sous sa forme normale, cet hybride, totalement stérile, associe $24 + 12 = 36$ chromosomes. La méiose est du type asyndétique : en M_I , les chromosomes sont dispersés le long du fuseau ; très rarement on rencontre un pseudobivalent qui, en se disjoignant à l'anaphase entraîne généralement la formation d'un pont. L'anaphase I est également marquée par la présence de chromosomes retardataires. En M_{II} , les plaques ont des nombres variables et l'on observe quelquefois la constitution de microplaques supplémentaires et la présence de chromosomes isolés dans le cytoplasme. Au stade *tétrade*, on trouve souvent des microcytes et des polyades. Le pollen est entièrement mauvais (grains vides). L'hybride amphidiploïde est fertile et donne des capsules contenant 200 à 350 graines, celles des parents en contenant respectivement 500 à 550 et 1800 à 2000. Il a un comportement méiotique autosyndétique, régulier, caractérisé par la formation de 36_{II} en M_I , et la répartition des chromosomes en 2 plaques égales ($36 + 36$) en M_{II} . En période favorable, il forme 90 à 95 % de bon pollen.

⁽³⁾ F. VON DER WEID, *Le gisement de molybdénite d'Azegour et la région des Guedmioua*, Genève, 1941. Dans cet ouvrage l'auteur, qui m'a suivi sur le terrain du 15 au 27 août 1939, a résumé en deux pages (67-68) les observations que nous avons faites ensemble sur la bordure NW du massif entre Amendeck et Agelmoune, et en outre les résultats que je lui ai communiqués, de mes études antérieures sur le reste du massif (H. T.).

⁽⁴⁾ H. TERMIER, *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, 33, 1936, pp. 672-684, 1436, 1474.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 704 ; 218, 1944, p. 124.

2° *N. glauca* Grah. ($n = 12$) \times *N. Langsdorffii* Weim. ($n = 9$).

3° *N. glutinosa* L. ($n = 12$) \times *N. glauca* Grah. ($n = 12$).

4° *N. suavolens* Lehm. ($n = 16$) \times *N. Bigelovii* Wats. ($n = 24$).

5° *N. suavolens* Lehm. ($n = 16$) \times *N. plumbaginifolia* Viv. ($n = 10$).

Les formes normales de ces 4 hybrides sont stériles. Leur méiose est du type asyndétique, mais l'asyndèse est généralement peu nette : ainsi, en M_I on peut rencontrer un ou deux ou trois pseudobivalents. Aux stades suivants, les irrégularités sont de même nature ; on peut aussi observer la division de monovalents retardataires en A_I . Dans tous les cas il y a formation de pollen aberrant dans une forte proportion (90 % à 100 %).

Les amphidiploïdes correspondants sont fertiles et donnent des capsules qui contiennent un nombre de graines variable, mais toujours inférieur à celui que l'on trouve chez les parents. Leur méiose est autosyndétique ; sans être absolument régulière. En M_I , outre les bivalents, on rencontre fréquemment 1 ou 2_{IV}, ou encore quelques trivalents et monovalents ; en M_{II} , les plaques peuvent avoir des chromosomes en nombres légèrement différents (± 1 ou 2). Ces hybrides forment généralement plus de 80 % de bon pollen.

6° *N. rustica* L. var. Zlag ($n = 24$) \times *N. Bigelovii* Watts. ($n = 24$). Cet hybride, totalement stérile, associe 24 chromosomes de chaque parent. La méiose présente les irrégularités suivantes : en M_I , chromosomes dispersés sans orientation sous forme d'éléments monovalents et de quelques pseudobivalents (une dizaine environ) ; en A_I , un ou deux ponts ; à la télophase I, constitution de plusieurs noyaux-fils et micronoyaux ; en M_{II} , plaques et microplaques à nombres très variables et chromosomes isolés dans le cytoplasme ; en A_{II} , chromosomes retardataires ; au stade *tétrade*, formation de microcytes et de polyades. Le pollen est entièrement mauvais.

L'amphidiploïde donne des capsules assez bien conformées, mais contenant peu de graines (5 à 10). La méiose n'est pas encore très régulière, en M_I , on trouve suivant les cellules 32 à 48 bivalents et 0 à 8 tétravalents ou trivalents, et parfois quelques monovalents (0 à 3) en dehors de la plaque ; en M_{II} , il y a 45 à 48 chromosomes dans chaque plaque, et 1 ou 2 dans le cytoplasme. Le pollen est bon dans la proportion de 60 %, mais les grains sont de dimension irrégulière.

7° *N. Tabacum* L. ($n = 24$) \times *N. glauca* Grah. ($n = 12$). L'hybride normal stérile, a 36 chromosomes ($24 + 12$) et il est partiellement allosyndétique : en M_I , il se forme une plaque comprenant 10 à 12_{II}, les autres chromosomes (12 à 16) restant monovalents en dehors de la plaque. En A_I , il y a peu de retardataires, mais on observe de nombreux ponts et fragments. En M_{II} , chaque plaque contient 16 à 19 chromosomes ; très souvent (50 % des cas observés), en raison de la petitesse des cellules, il y a fusion plus ou moins intime des 2 plaques. Au stade *tétrade*, on rencontre 50 % de diades. Le pollen est très mauvais.

L'amphidiploïde est fertile et donne des capsules contenant 150 à 350 graines, celles des parents et contenant respectivement 3500 et 11000. Sa méiose est assez régulière.

8° *N. Sanderæ* Hort. ($n=9$) \times *N. plumbaginifolia* Viv. ($n=10$). C'est un hybride stérile, qui associe $9+10=19$ chromosomes et qui a un comportement allosyndétique. En M_I , il forme généralement $9_{II}+1_I$. Néanmoins la méiose est très irrégulière (nombreux ponts et fragments, division de retardataires en A_I ; répartition inégale des chromosomes entre les plaques en M_{II}), et le pollen est très mauvais (99 % de grains vides).

L'amphidiploïde forme des capsules qui contiennent 200 à 300 graines, celles des parents en contenant 500 et 1100 à 1500.

En résumé tous les hybrides réalisés se caractérisent par une stérilité totale et une méiose très irrégulière. Cependant certains sont absolument asyndétiques, alors que d'autres sont plus ou moins allosyndétiques.

Les formes amphidiploïdes correspondantes sont toutes fertiles et ont un comportement méiotique d'autant plus régulier que, chez l'hybride normal, l'asyndèse était plus complète et le nombre de chromosomes moins élevé.

Au point de vue morphologique, les hybrides obtenus ont des caractères intermédiaires entre ceux des parents. Ils ont une floraison abondante et prolongée. Les amphidiploïdes sont moins ramifiés, moins florifères et ont des organes végétatifs et floraux plus développés.

GÉNÉTIQUE. — Étude statistique d'une ségrégation mendélienne.

Note (1) de M. SABBAS GHELELOVITCH, présentée par M. Émile Roubaud.

L'hypothèse mendélienne de ségrégation des gamètes chez les hybrides est à la base de toute la génétique moderne.

Cette hypothèse suppose que la proportion entre les différents gamètes, après la ségrégation, est déterminée et fixe pour un croisement donné et qu'elle est la même pour tous les individus issus de croisements identiques.

La probabilité d'apparition de génotypes et de phénotypes donnés dans la F_2 est donc elle aussi la même pour tous les couples F_1 d'un croisement.

Dans l'étude génétique d'un caractère quelconque, on additionne habituellement les résultats obtenus avec plusieurs couples de progéniteurs et l'on fonde le raisonnement sur le résultat global ainsi obtenu.

Cependant les résultats ainsi présentés ne peuvent nous fournir aucun renseignement sur la question qui nous intéresse ici. Ils nous permettent seulement de conclure que la ségrégation des gamètes, dans une population, suit la loi de Mendel. Mais on ne peut pas en conclure que cette loi est également juste pour tous les individus composant la population étudiée.

(1) Séance du 12 février 1944.

Pour que l'hypothèse de Mendel se vérifie, il faudrait que la distribution des écarts entre les résultats expérimentaux et les prévisions théoriques, calculés pour la descendance de chaque couple séparément, suive la loi de Gauss (à condition que le nombre des couples étudiés soit assez grand).

Le nombre des descendants pouvant varier beaucoup d'un couple à l'autre, on ne peut comparer entre eux ni les écarts absolus ni les écarts relatifs obtenus pour les différents couples. J'ai donc calculé les écarts réduits, d'après la formule $\lambda = k/\sqrt{2npq}$.

J'ai étudié, dans une série d'expériences, la ségrégation dans la descendance d'un grand nombre de couples d'hybrides entre deux races de *Drosophila melanogaster* : une souche sauvage (appelée *Ore RC* dans les élevages de l'Institut de Biologie Physique et Chimique) et un mutant *ebony*.

Tous les couples ont été élevés dans les mêmes conditions d'élevage, de réceptacles, de nourriture (en quantité et qualité).

Dans une première expérience, dans laquelle les individus F_1 ont été croisés avec le parent récessif-*ebony*, j'ai obtenu en tout 6711 individus dont 3237 *ebony* :

Écart..... 118,5 Écart-type..... 541.

De 76 cultures composant cette série, 45 présentent un écart négatif et 29 un écart positif :

Écart moyen réduit de la série..... $\mu 0,6001$

» quadratique moyen réduit..... $Q 0,7531$.

Si cependant, au lieu de calculer les écarts à partir de la moyenne théorique, on les calcule à partir de la moyenne arithmétique expérimentale (48 %), on obtient les valeurs $\mu 0,5730$; $Q 0,7118$.

De 76 cultures, 38 présentent un écart négatif et 38 un écart positif.

Une deuxième expérience porte sur 11695 individus répartis entre 78 cultures.

Dans cette expérience, les hétérozygotes ont été croisés entre eux. La proportion théorique est donc 1 récessif pour 3 dominants.

On obtient 2812 *ebony* :

Écart..... 111,75 Écart-type..... 546,8

$\mu 0,6434$; $Q 0,7805$.

48 cultures présentent un écart négatif et 30 un écart positif.

Recalculés à partir de la moyenne arithmétique (24 %) on trouve $\mu 0,6208$; $Q 0,7622$.

37 écarts négatifs et 41 écarts positifs.

Ces résultats peuvent faire penser que dans ces expériences la ségrégation ne se faisait pas selon la loi normale 1:1 mais donnait une proportion de 48 gamètes *ebony* pour 52 du type sauvage.

Cependant, avant de tirer une telle conclusion, il faut envisager la possibilité d'une sélection.

Le défaut de mouches *ebony* ne peut pas être expliqué par la concurrence larvaire. On ne trouve aucune relation entre le nombre de mouches issues d'une culture et la proportion des deux phénotypes. Dans la seconde expérience le nombre moyen d'individus issus d'une culture est 1,74 fois plus grand que dans la première et la proportion de gamètes *ebony* est pourtant la même.

La quantité de nourriture offerte dans mes expériences à la descendance d'un couple suffit pour assurer le développement de plus de 300 mouches (d'après mes essais).

D'autre part, L'Héritier ⁽²⁾ a vu, sur une nourriture moins riche que la mienne, que l'effet de la concurrence larvaire ne se faisait sentir qu'à partir d'une densité de population beaucoup plus grande que celle qui a été atteinte dans ces expériences. Il est probable que le facteur qui a pu opérer une sélection était la qualité de la nourriture.

En effet, dans plusieurs autres séries d'expériences, dans lesquelles la composition du milieu de culture a été légèrement modifiée, sur un total de 20426 individus, j'ai obtenu 5046 ebony, c'est-à-dire un écart de 60,5 ebony en moins. L'écart type étant ici 561,9.

Je pense donc que, dans de bonnes conditions d'élevage, la proportion des phénotypes après ségrégation est conforme aux prévisions théoriques.

De toutes façons, la distribution des écarts autour de la moyenne arithmétique a été à peu près normale dans mes expériences.

AGRONOMIE. — *Sur la remise en état des terres inondées par l'eau de mer.*

Note de M. GEORGES DELOFFRE, présentée par M. Richard Fosse.

L'inondation par l'eau de mer de vastes étendues dans le nord de la France, en Belgique, en Hollande, pose le problème de leur remise en état aussi rapide que possible. Ce problème s'est déjà posé à plusieurs reprises, notamment après les inondations à l'eau de mer de la Flandre belge de 1914 à 1918 et de la Flandre française en 1940; divers essais expérimentaux sur le terrain ont déjà été effectués à ce sujet, mais il ne nous semble pas que l'on se soit efforcé jusqu'ici, par une analyse précise des transformations physicochimiques dues à l'action de l'eau de mer sur le sol, de dégager les principes qui doivent présider à cette remise en état des terres.

Les recherches de divers auteurs et, en particulier, celles de Demolon et Barbier (1927), de Barbier et Chaminade (1934), de Lavollay (1936) ont établi que les échanges d'ions entre le complexe absorbant argilohumique et la solution du sol sont sensiblement analogues à ceux que l'on observe avec les permutites pures. Au contact de l'eau de mer, il y a donc surtout fixation de sodium et perte de calcium par une réaction d'échange réversible, et une proportion plus ou moins importante de l'argile calcique du sol normal est transformée en argile sodique. Cette dernière présente deux propriétés caractéristiques :

- 1° Elle se peptise très facilement et manifeste une tendance très marquée à

(2) *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 78, 1937, p. 255.

la dispersion, contrairement à l'argile calcique qui est normalement floculée dans le sol.

2° Son pouvoir d'imbition vis-à-vis de l'eau est 2,2 fois plus élevé que celui de l'argile calcique (1929).

C'est à ces deux propriétés fâcheuses que nous paraissent dues la transformation par les pluies de la couche superficielle des sols salins en une boue fluide généralement imperméable, la stagnation de flaques d'eau et le glaçage du sol en surface, caractères que nous avons observés en septembre et octobre 1944 sur beaucoup de terrains dénoyés. Cette imperméabilisation de la couche superficielle tend à s'opposer à l'extension en profondeur de l'altération de structure du sol. Il y a lieu de ne pas contrarier cette tendance heureuse par des manœuvres intempestives, et il faut avant tout ne pas travailler le sol, pour éviter que l'argile sodique superficielle ne file en profondeur.

Il faut ensuite s'efforcer de retransformer l'argile sodique en argile calcique par des apports importants de calcium. La réaction de substitution des ions Ca aux ions Na dans le complexe est une réaction d'équilibre limitée par la réaction inverse; elle sera donc facilitée par l'élimination aussi complète que possible des ions Na, et par une élévation de la concentration des ions Ca dans la solution du sol. Dans ces conditions il convient :

1° d'assécher suffisamment les terres, de remettre en état les canaux, fossés, drains pour assurer un bon lessivage du sol et une évacuation rapide des sels sodiques;

2° d'employer pour la recalcification du complexe des amendements calciques très solubles, qui se dissoudront rapidement dans l'eau des pluies et pourront agir en solution concentrée;

3° de ne pas retarder la recalcification de l'argile par l'emploi d'engrais sodiques.

Les composés calciques les plus solubles sont le nitrate et le chlorure de calcium; ce dernier, sous-produit de la fabrication de la soude, est d'un prix de revient sensiblement moindre que le nitrate; d'autre part 100^{kg} de chlorure ont un pouvoir recalcifiant équivalent à celui de 130^{kg} de nitrate, la teneur en calcium de ce dernier étant plus faible; enfin l'emploi de doses massives de nitrate pourrait avoir de fâcheuses conséquences lors de la remise en culture, de sorte que l'emploi du chlorure de calcium comme amendement calcique paraît à conseiller de préférence. Il faut remarquer que l'élimination du chlore apporté par le chlorure de calcium sera rapide. Matson (1931) a montré en effet que l'anion Cl^- est très peu absorbé par le sol et qu'il est facilement déplaçable. Nous avons observé, au cours des mois d'octobre et novembre 1944, une élimination pouvant atteindre 80 à 90 % des chlorures par suite du lessivage du sol par les pluies. Cette élimination correspondait à une quantité de 4000 à 6000^{kg} de chlorure de calcium commercial à l'hectare. A ce rythme, le chlore

correspondant à une dose massive de 3000^{kg} à l'hectare serait éliminé en 1 mois et celui correspondant à une dose de 400^{kg} serait éliminé en 4 à 6 jours.

Le sulfate de calcium, seul conseillé jusqu'ici par la plupart des agronomes, donne des améliorations nettes des sols salins ou alcalins, mais sa solubilité est sensiblement 400 fois moindre que celles du chlorure et du nitrate; son action sera donc beaucoup plus lente.

Quant à la chaux vive ou éteinte, si sa solubilité théorique est sensiblement du même ordre que celle du sulfate de chaux, elle se carbonate rapidement à l'air et devient ainsi pratiquement insoluble, surtout dans un sol peu aéré, trop pauvre en gaz carbonique pour assurer la transformation en bicarbonate. Tous les auteurs ont constaté d'ailleurs que son emploi ne conduit qu'à des améliorations minimales.

En résumé, les mesures à prendre pour remettre rapidement en culture après l'évacuation de l'eau de mer nous paraissent devoir être les suivantes :

1° ne pas travailler le terrain avant plusieurs mois, ne pas travailler les sols humides;

2° remettre en état les canaux, fossés, drains;

2° travailler très superficiellement;

3° épandre, après dessèchement et avant tout travail, un amendement calcique, de préférence du chlorure de calcium à la dose de 300 à 2000^{kg} à l'hectare, ou, à défaut, 2000 à 10000^{kg} de gypse broyé;

4° Lors de la remise en culture, éviter avant tout l'emploi d'engrais à base de soude (nitrate de soude, silvinite), pendant 6 à 8 ans; employer presque uniquement des engrais apportant du calcium (nitrate de chaux, scories de déphosphoration, superphosphate, cyanamide), des engrais organiques, du sulfate d'ammoniaque.

CHIMIE AGRICOLE. — *Nouvelles observations, par l'analyse périodique de la feuille, sur l'absorption de la potasse chez quelques plantes pérennes.* Note de MM. **LOUIS MAUME** et **JACQUES DULAC**, présentée par M. Maurice Javillier.

Cette Communication montre, après observation par le diagnostic foliaire du mode d'absorption de la potasse par la vigne et les arbres fruitiers, que l'évolution chimique de la feuille peut donner de précieuses indications sur l'intensité de nutrition des végétaux observés. Précisons les conditions expérimentales : une vigne, un verger se développent dans leur milieu naturel, avec les soins habituels de la culture. On prend garde toutefois d'alterner les rangées témoins avec celles qui font l'objet d'une intervention particulière (témoins sans engrais comparés avec sujets fumés, parcelles travaillées en regard des parcelles engazonnées). A partir d'avril ou mai suivant l'année, et jusqu'au delà de la récolte, à dates plus ou moins rapprochées (compte tenu de la vitesse de croissance), des échantillons de feuilles sont prélevés suivant

une technique maintes fois indiquée pour la vigne, et que nous préciserons ailleurs pour les arbres fruitiers.

Appelons effet nutritif e le rapport $\frac{\text{K}^2\text{O dans feuille ayant subi une intervention}}{\text{K}^2\text{O dans feuille témoin}}$.

Si ce rapport est égal à 1, l'intervention envisagée n'a pas porté. Au contraire, plus ce rapport est élevé, plus l'effet nutritif est probant.

Vigne Aramon sur Rupestris (parcelle fumée : 600^{ks} de CLK depuis 1928).

1931	e	1933	e	1935	e	1937	e
18 mai.....	1,4	4 mai.....	1,1	3 mai.....	1,1	3 mai.....	1,2
15 juin.....	1,5	6 juin.....	1,3	1 juin.....	1,2	3 juin.....	1,6
18 juillet...	1,4	13 juillet...	1,3	29 juillet...	1,5	29 ».....	1,4
8 août.....	1,3	27 ».....	1,5	5 sept.....	1,9	30 juillet...	2,0
4 sept.....	2,0	4 sept.....	1,7			8 sept.....	1,8
20 ».....	2,8						
1932	e	1934	e	1936	e	1938	e
25 mai.....	1,4	11 mai.....	0,9	13 mai.....	1	4 juin.....	0,9
1 juillet...	2,0	14 juin.....	1,4	12 juin.....	1,4	2 juillet...	1,3
29 ».....	1,8	17 juillet...	1,4	3 juillet...	1,9	30 ».....	2,5
6 sept.....	1,9	5 sept.....	1,6	20 ».....	1,9	16 sept.....	2,0
				12 sept.....	2,1		

Remarque. — Témoin rendement médiocre, très forte brunissure; parcelle fumée, belle Vigne, plus de brunissure.

Vergers (Abricotiers et Pruniers, Station de Montpellier).

I. *Observations portant sur arbres en sol nu constamment travaillé en comparaison avec arbres de même âge sur sol engazonné* (vesce).

Année 1939 (l'expérience dure depuis 1936).

$$e = \frac{\text{K}^2\text{O dans feuilles des arbres sur sol nu}}{\text{K}^2\text{O dans feuilles des arbres sur sol engazonné}}$$

Abricotiers.

	21 avril.	1 ^{er} juin.	27 juin.	18 juillet.
e	1,0	1,4	1,6	1,7

Observations. — Diamètre moyen du tronc des arbres à la fourche :

Sols..... engazonné 5^{cm},5; nu 7^{cm},5

Pruniers.

	23 avril.	4 juin.	28 juillet.	20 juillet.
e	1	1,5	1,8	2,6

Observations. — Diamètre moyen du tronc des arbres à la fourche :

Sols..... engazonné 4^{cm},9; nu 7^{cm},4

Nous reviendrons ailleurs sur l'influence préjudiciable qu'exerce la plante

couvrante sous notre climat par l'évaporation accrue des réserves d'eau du sol. Nous ne ferons ici que constater le fait essentiel d'une alimentation carencée en potasse chez les arbres vivant en concurrence avec la vesce. Le résultat est si dommageable pour la vigueur des arbres que nous avons dû arrêter l'expérience à partir de 1942. Cependant l'exportation est nulle, puisque la légumineuse est fauchée, laissée sur place puis enterrée.

II. *Observations sur arbres fumés (avec ClK en comparaison avec arbres non fumés)*

$$e = \frac{K^2O \text{ dans feuilles fumées}}{K^2O \text{ dans feuilles témoins}}$$

Abricotiers.

	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.
<i>e</i>	1,5	1,8	2,0	2,4

Observations. — Arbres fumés plus vigoureux, meilleure floraison, rendement moyen plus élevé.

Des faits identiques ont été relevés sur pruniers dans le même champ d'expériences.

Conclusions. — *a.* L'effet nutritif de la potasse, mesuré par son accumulation dans la feuille, se manifeste bien à des degrés divers suivant l'année météorologique, mais toujours plus nettement en fin de végétation. Les derniers prélèvements de feuilles sont ceux qui révèlent à l'analyse les chiffres les plus parlants, ce qui semble indiquer qu'au départ de la végétation les plantes témoins, comme celles qui ont été l'objet d'une intervention, vivent surtout, sans trop faire appel au milieu, sur leurs réserves en K^2O accumulées dans le bois pendant la période de vie ralentie.

b. Si l'engrais potassique contribue à une plus abondante nutrition potassique du végétal, on ne saurait affirmer que l'intensité alimentaire ne dépend que de l'apport d'engrais.

c. Notre méthode d'observation, qui met en évidence encore une fois la remarquable plasticité chimique de la feuille, permet d'apprécier l'influence de certaines opérations culturales sur la physiologie de diverses plantes pérennes.

A 15^h 45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 35^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 9 octobre 1944.)

Note de M. *Marc Krasner*, Une généralisation de la notion de corps-corpoïde.
Un corpoïde remarquable de la théorie des corps valués :

Page 345, ligne 5,	<i>au lieu de</i>	Théorie des ensembles,	<i>lire</i>	Algèbre
» » » 16,	»	$\circ ad a$	»	$\circ AD a$
» 346, » 1,	»	\mathfrak{M}	»	$\widetilde{\mathfrak{M}}$
» » » 21,	»	et du	»	et celui du

(Séance du 13 novembre 1944.)

Note de M. *Marc Krasner*, Hypergroupes extramoduliformes et moduliformes :

Page 474, ligne 15,	<i>au lieu de</i>	$\bar{\sigma}\alpha,$	<i>lire</i>	$\bar{\sigma}\alpha$
» » » 17,	»	α	»	α
» » » 22,	»	\bar{X}	»	\bar{X}
» 475, » 17,	»	$\mu \in Q'$ désigne	»	$\mu \in Q'$ désigne
» » » 28,	»	$(^1)$	»	$(^2)$
» » » 36,	»	$(^1)$	»	$(^2)$

(Séance du 27 novembre 1944.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupe de décomposition :

Page 539, ligne 34,	<i>au lieu de</i>	473,	<i>lire</i>	345
» 540, » 16,	»	galoisienne,	»	galoisienne;

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 FÉVRIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de **M. A. E. H. LOVE**, Correspondant pour la Section de Mécanique, survenu à Oxford, Angleterre, le 5 juin 1940; de **M. ALFRED FOWLER**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu à Londres, le 30 septembre 1940, et de **Sir JOSEPH LARMOR**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Hollywood, Irlande, le 19 mai 1942.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation des décrets en date du 12 février 1945, portant approbation des élections aux places d'Associés étrangers que l'Académie a faites de **M. CHARLES DE LA VALLÉE POUSSIN**, en remplacement de **M. Edmund Beecher Wilson**, décédé, et de **M. MAURICE LUGEON**, en remplacement de **M. Waldemar Christofer Brögger**, décédé.

Il est donné lecture de ces décrets.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des glucides et aussi de la catalyse.*

Note de M. **HENRI DESLANDRES**.

Cette Note a le même titre général que les 17 Notes présentées à l'Académie après décembre 1938, et un second titre qui annonce les sujets particuliers qui y sont exposés⁽¹⁾. Toutes sont consacrées aux rayonnements Raman des molécules et aux quatre lois simples qui les relient à la structure de la molécule et aux anneaux d'électrons de ses atomes.

L'analyse nouvelle de ces spectres s'appuie sur les deux premières lois. La fréquence ν émise par un atome ou groupe d'atomes est liée aux s électrons qui y sont activés par la formule simple (1) $\nu = q d_1 / s r'$, d_1 étant la constante

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, pp. 753 et 1841; 209, 1939, pp. 616 et 865; 210, 1940, p. 277; 211, 1940, pp. 241 et 521; 212, 1941, pp. 28 et 832; 213, 1941, pp. 98, 749 et 967; 215, 1942, pp. 5 et 558; 217, 1943, pp. 92 et 653; 219, 1944, p. 321.

universelle 1062,5, déduite en 1919 des bandes d'absorption de l'oxygène atmosphérique, mesurées avec une grande précision⁽²⁾; q et r sont des nombres entiers. De plus, d'après la 2^e loi, les électrons des atomes sont actifs par anneaux et sous-anneaux. Enfin la molécule est divisible en plusieurs parties, souvent réduites à deux, qui émettent les mêmes fréquences; c'est la 3^e loi. L'analyse révèle ainsi, avec des tables spéciales, les divers nombres s d'électrons qui interviennent dans l'émission de chaque fréquence (voir les 30 tableaux des Notes antérieures).

Dans plusieurs Notes antérieures, les seconds titres ont été les suivants : Carbures saturés aliphatiques. — Explication simple de plusieurs particularités des molécules. — Série nouvelle de petites fréquences et Catalyse. — 4^e loi des spectres moléculaires. — Hydrocarbures cycliques, Isotopes, Complexes, Combinaisons métalliques et aussi Chlorophylle. J'ai annoncé en effet que les quatre lois peuvent être la base d'une étude générale des molécules; et, me plaçant à ce point de vue, j'ai commencé une revue générale des différentes sortes de molécules, en m'attachant surtout aux molécules biologiques, qui sont les plus intéressantes, mais dont le spectre Raman a été mesuré très rarement.

1. *Glucides*. — Les principales divisions de ces molécules sont les oses ou sucres simples, avec les sous-divisions en aldoses et cétooses, puis les osides formés de plusieurs oses, les polyosides et les hétérosides.

Le glucose, qui est un aldose, a la formule $\text{CH}^2\text{OH} \cdot (\text{CHOH})^4 \cdot \text{COH}$ et le fructose, qui est un cétose, la formule $\text{CH}^2\text{OH} \cdot (\text{CHOH})^3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}^2\text{OH}$. Les deux sont, à première vue, divisibles en deux parties dont les nombres d'électrons actifs ont une différence qui est un petit nombre pair. C'est la 4^e loi des spectres moléculaires, et, même dans ces cas, la différence est le nombre pair le plus petit. Avec l'ionisation intérieure, les nombres d'électrons actifs sont 24^\pm , 36^\pm , 48^\pm . Or ces deux oses ont deux radiations communes $\nu 562$, $\nu 1104$, et $\nu 562 = 38 d_1/24 \times 3 = 19 d_1/36 = 76 d_1/48 \times 3 = 9 d_1/17 = 37 d_1/14 \times 5$; $\nu 1104 = 25 d_1/24 = 13 d_1/17 \times 3 = 78 d_1/15 \times 5 = 138 d_1/16 \times 8 = 160 d_1/14 \times 11$.

Les nombres 17, 16, 15, 14 sont les nombres d'électrons actifs de CH^2OH , CHOH , COH , CO . L'égalité des radiations émises s'étend aux petites divisions des molécules.

Deux autres glucides intéressants sont le furane $\text{C}^4\text{H}^4\text{O}$ et le pyrane $\text{C}^5\text{H}^6\text{O}$. Le furane est divisible en trois parties, C^2H^2 , C^2H^2 et O , dont les nombres s d'électrons activables sont 6, 10, 14 pour C^2H^2 et 4, 6, 8 pour O . Le nombre 6 leur est commun. Or la fréquence $\nu 691$ du furane $= 39 d_1/6 \times 10$, et la fréquence $\nu 708 = 2 d_1/3 = 4 d_1/6$. Souvent les fréquences des molécules simples sont des fractions simples de la constante universelle.

Quant au pyrane $\text{C}^5\text{H}^6\text{O}$, il est divisible en deux parties, $\text{C}^2\text{H}^2\text{O}$ et C^3H^4 ,

(²) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 597.

qui ont chacune 22 électrons, et les nombres s' d'électrons activables 10, 16, 22 sont les mêmes pour les deux parties, mais, à ma connaissance, le spectre Raman de cette molécule n'a pas été publié.

J'ajoute le saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$, qui est un oside formé par l'union de deux oses. Cette molécule est divisible en deux parties, dont les nombres d'électrons activables ont une différence égale à 8, 6 ou 4. L'ionisation intérieure assure l'égalité des électrons, mais la loi peut être présentée autrement. Les nombres s' sont égaux à la moitié de tous les électrons, soit à 91; puis, si l'on supprime, dans tous les atomes autres que H, d'abord les 2, puis les 4 électrons voisins du noyau, les nombres s' deviennent 68 et 45. Or le saccharose émet les fréquences $\nu 525$, $\nu 562$, et $525 = 45 d_1/91$, et $562 = 36 d_1/68$; le nombre 45 n'apparaît pas, mais le spectre publié est incomplet⁽³⁾. On vérifie une fois de plus que de nombreuses molécules partagent leurs électrons en deux moitiés égales, qui s'activent mutuellement, étant ainsi semblables aux molécules A^2 des corps simples.

La vitamine C antiscorbutique, dont la formule brute est $C^6H^8O^6$, se rattache aux sucres simples. Si on la traite comme la précédente molécule, les nombres s' à prévoir sont 46, 34 et 22, mais, dans les nombreuses publications relatives à l'effet Raman, je n'ai pas trouvé le spectre de cette vitamine.

II. *Catalyse*. — Le très important problème de la catalyse n'est pas encore élucidé. J'ai émis l'idée que la cause principale ou l'une des causes principales était la résonance. Le catalyseur provoque la formation du catalysé lorsque les deux composés ont en commun des fréquences ou simplement plusieurs nombres s' d'électrons activables, et j'ai cité à l'appui la préparation du chlore dans un mélange d'air et d'acide chlorhydrique à 430° avec le sulfate de cuivre comme catalyseur. Le sulfate et le chlore sont a priori différents, et cependant ont les mêmes nombres s' 13, 15 et 17 d'électrons activables.

Un autre fait important entraîne la même conclusion. Les corps simples Ni,

(³) Les fréquences citées dans cette Note sont tirées du second livre de Kohlrausch de 1938. En général, j'adopte les fréquences le plus récemment publiées, estimant qu'elles sont probablement les meilleures. Dans les égalités dont le premier terme est une fréquence, je n'ai pas indiqué le résidu, toujours très petit, dans le second terme, pour ne pas le surcharger.

Les nombres s' d'électrons activables dans les atomes par anneaux et sous-anneaux sont tirés de la 4^e édition française de la *Chimie Inorganique d'Holleman* (1928) et aussi de la *Chimie de Martinet* (1934).

La grande majorité des chimistes admet que les anneaux successifs des atomes correspondent aux intervalles des atomes successifs de la famille de l'hélium. Les anneaux successifs ont ainsi 2, 8 et 8 électrons avec 2 sous-anneaux, 18 et 18 électrons avec 3 sous-anneaux, 32 électrons avec 4 sous-anneaux et 6 électrons avec 2 sous-anneaux, la somme totale étant de 92 électrons.

Parfois, lorsque l'on passe du nombre atomique n au nombre atomique $n + 1$, l'électron supplémentaire est attaché à l'avant-dernier sous-anneau et non au dernier.

Pd et Pt sont de bons catalyseurs et pour les mêmes catalyses. Or ils ont en commun plusieurs nombres s' d'électrons activables : 2, 10, 16, 18, 24, 26 et 28 avec Ni; 1, 10, 16, 18, 28 ... avec Pd; 2, 10, 16, 18, 32 ... avec Pt. L'atome Ca a aussi les nombres s' 2, 8, 10, 16, 18 et 20; mais le calcium métallique est un corps rare, très différent du nickel.

Aussi j'ai constamment sous les yeux la liste des nombres s' de tous les corps simples et aussi un cahier divisé en 1200 petites cases pour les fréquences de 1 à 1200 et j'inscris dans chaque case la formule brute des molécules qui émettent sa fréquence (*).

On constate sur cette liste que les fréquences ν 158, 199, 200, 205 sont celles qui sont émises par le plus grand nombre de molécules de la liste (°). Les composés Al_2O_3 et SiO_2 , assez différents, ont 9 vibrations communes; ils doivent être souvent réunis dans l'écorce terrestre.

A noter que les premières molécules formées par la catalyse ont une action de résonance particulièrement forte qui s'ajoute à celle du catalyseur.

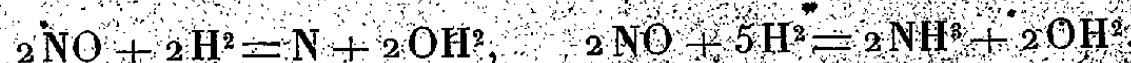
Catalyse. — Pour appuyer l'idée de la résonance, je présente plusieurs nouvelles catalyses qui s'ajoutent aux quatre déjà publiées (°).

Une catalyse intéressante est la préparation par Georges Claude du gaz ammoniac avec un mélange d'air et d'hydrogène et le fer comme catalyseur. Les conditions sont les meilleures avec la pression de 1000^{atm} et la température de 700°. Or les nombres s' d'électrons activables du fer sont 2, 8, 14, 16, 22, 24 et 26. D'autre part l'ammoniac émet les fréquences suivantes :

ν 124 avec les s' 10, 16, 24,	ν 628 avec les s' 16, 18, 24, 26,
ν 135 » 16, 18, 24, 26,	ν 693 » 10, 16, 18, 22 et 26,
ν 155 » 10, 16, 22 et 24,	

dont les nombres s' comprennent les s' du fer.

L'ammoniac est aussi obtenu avec un mélange d'oxyde azotique NO et de H₂ en présence du nickel réduit et à basse température. On a en même temps un dégagement d'azote



Les nombres s' du nickel se retrouvent aussi dans l'ammoniac (voir ci-dessus les s' des fréquences).

(*) Il serait utile d'ajouter, dans chaque case, les nombres s' d'électrons activables donnés par l'analyse de la fréquence. A noter que ces listes devront être modifiées et agrandies lorsque les fréquences seront mesurées avec une précision plus grande.

(°) Ces fréquences privilégiées dépendent naturellement des molécules spéciales de la liste. Mais les fréquences qui, dans l'analyse, donnent un grand nombre de nombres s' d'électrons activables, doivent être plus fréquentes que les autres. Les molécules sont représentées par les nombres qui sont leurs fréquences, et doivent être, dans une certaine mesure, sous la dépendance des propriétés de ces nombres.

(°) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1341; 211, 1944, p. 245; 219, 1943, p. 92.

On prépare l'acide azotique HNO^3 en oxydant le gaz NH^3 mélangé à O_2 en présence de la toile de platine. HNO^3 est à priori divisible en parties ayant le même nombre d'électrons activables $\text{HN} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O}$ et $\text{HNO} \cdot \text{O}^2$. On peut affirmer immédiatement que la molécule est stable.

Les nombres s' du platine se retrouvent plusieurs fois dans les 6 premières fréquences de HNO^3 .

Le gaz acide sulfureux SO^2 , mélangé à H_2 en présence du nickel, donne l'acide sulfhydrique SH^2 . Or SH^2 émet les fréquences $\nu 573$ avec les nombres s' 16 et 18, et $\nu 1223$ avec les s' 10, 16, 15 et 17, et 18.

L'anhydride phosphorique mélangé à H_2 réduit donne, dans un courant d'hydrogène, l'hydrogène phosphoré PH^3 . Or le gaz PH^3 a des nombres s' communs avec le nickel. Sa fréquence $\nu 2327$ analysée a les nombres 16, 26, et 28 du nickel.

La molécule Al^2O^3 est notée comme un bon catalyseur, pour la préparation des thiols et en particulier du méthanthiol $\text{CH}^3 \cdot \text{SH}$. L'alumine émet la fréquence $\nu 591$, dont les nombres s' sont 6, 8, 9, 15, 16, 18, 24, et le mercaptan a les fréquences $\nu 764$, $\nu 2573$ et $\nu 2932$, dans lesquelles on retrouve les nombres s' de l'alumine.

Le propène est transformé en propane par l'hydrogène et le nickel à basse température; mais, à une température plus élevée, le propane redevient du propène. Les deux molécules ont des nombres s' communs avec le nickel. La même propriété curieuse se retrouve avec le benzène et le cyclohexane, et avec de nombreux groupes de deux molécules.

Finalement il faudra appliquer l'analyse nouvelle des spectres moléculaires aux très nombreuses catalyses de la chimie actuelle, pour bien vérifier si elles offrent les conditions nécessaires à une bonne résonance. Mais je ne puis seul poursuivre cette longue recherche, et il est nécessaire de publier les tables que j'ai dû préparer pour l'analyse. Ces tables sont actuellement réunies par moi dans 150 grandes feuilles, assez difficiles à manier, qui offrent les multiples successifs de d_1/n pour les valeurs de n de 1 à 150. L'analyse sera plus courte et plus facile, si les tables sont réunies dans un volume analogue aux tables de logarithmes, avec des chiffres assez gros pour être bien lisibles, et ces tables publiées seront à la disposition de tous les chercheurs.

La Note suivante sera consacrée aux lipides et aussi à la catalyse.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la culture des champignons inférieurs et en particulier du Penicillium notatum sur des milieux formolés.* Note de MM. **GASTON RAMON** et **RÉMY RICHOU**.

Au début de la précédente guerre, la récolte, la mise en flacons, le transport, souvent dans des conditions défectueuses, de quantités considérables des divers sérums thérapeutiques utilisés aux Armées, exigèrent l'addition à ces sérums

d'un antiseptique capable d'assurer la conservation de leur pureté bactériologique. Après de nombreuses recherches, l'un de nous proposa, dans ce but, le formol ⁽¹⁾. Ajouté dans la proportion de 0^{cm}3, 5 de la solution commerciale d'aldéhyde formique par litre de sérum, il garantit ce dernier contre les souillures microbiennes au cours des manipulations sans en altérer ni les qualités physiques ⁽²⁾, ni l'activité thérapeutique. Si, après la répartition en ampoules du sérum ainsi formolé, on prend soin de le chauffer à 55° durant une heure, il se maintient à l'état de stérilité pratiquement parfaite. Il en est de même des ampoules des différentes sortes d'anatoxines, celles-ci renfermant, grâce à leur mode d'obtention, un résidu libre de formol, qui, conjointement avec le chauffage à 55°, en assure la stérilité. Tels sont les résultats enregistrés durant trente années d'utilisation de l'aldéhyde formique comme antiseptique dans les sérums et anatoxines, et portant sur un total de plus de 100 millions d'ampoules.

Cependant, il nous a été donné d'observer parfois, quoique tout à fait exceptionnellement, la présence, dans une ampoule de sérum ou d'anatoxine, de moisissures appartenant, dans la plupart des cas, au genre *Penicillium*. Un examen minutieux nous montrait que l'ampoule en question portait une fissure à peine perceptible à l'œil ⁽³⁾. Nous pouvons expliquer l'origine de ces moisissures de la façon suivante : par la fissure de l'ampoule peuvent sourdre, vers l'extérieur, de très fines gouttelettes, qui sont contaminées par des spores du champignon en cause; le mycélium qui se développe alors arrive à pénétrer, par la même fissure, à l'intérieur de l'ampoule où il végète, de préférence à la surface du liquide.

Fort de ces constatations, répétées à diverses reprises au cours des années, nous avons cherché, ces temps-ci, à cultiver artificiellement les champignons inférieurs sur des milieux formolés. Nous nous sommes adressés pour cela au *Penicillium notatum*, largement utilisé, à l'heure actuelle, dans la préparation de la pénicilline.

Dans des ballons de Fernbach d'une contenance de 1 litre, renfermant par exemple 300^{cm}3 de milieu de Czapeck-Dox, milieu de choix pour la culture des *Penicilliums*, on ajoute, soit avant la stérilisation, soit après celle-ci et avant l'ensemencement, du formol à raison de 0,03 ou de 0^{cm}3, 05 de la solution

(1) Voir à ce propos : Notice sur les *Travaux scientifiques de G. Ramon*, Paris, 1934 et *Vingt années de recherches immunologiques*, Paris, 1943.

(2) Cela contrairement à certains antiseptiques utilisés à l'étranger, par exemple le phénol, qui provoque l'apparition dans le sérum d'un précipité assez abondant. Ajoutons qu'à la suite de l'injection de grandes quantités de sérum phénolé, on a observé parfois de graves accidents. Le formol que contient un sérum ou une anatoxine n'est nullement nocif, même si sérum et anatoxine sont utilisés à hautes doses.

(3) C'est surtout dans les ampoules dites à *col soudé* que l'on peut observer, au niveau de la soudure, une fissure, un trou microscopique, très difficile à déceler lors de la vérification de l'étanchéité.

commerciale d'aldéhyde formique pour 100^{cm³} de liquide nutritif. Ces ballons, ainsi que des ballons témoins non additionnés de formol, sont ensemencés en spores à l'aide d'une souche de *Penicillium notatum* préparée à cet effet. Ils sont ensuite mis à l'étuve à la température de + 25°. La germination des spores et le développement du mycélium se font tout aussi bien dans les milieux formolés que dans les milieux non formolés. Au bout de quatre à cinq jours, la surface des uns et des autres est recouverte d'une végétation luxuriante, épaisse, plissée, d'une couleur verdâtre ou vert bleuâtre, les couches inférieures étant, dans certains cas, teintées de jaune.

Ainsi le formol, qui, dans les sérums, dans les anatoxines, se comporte comme un excellent antiseptique à l'égard des bactéries, est incapable de jouer ce rôle vis-à-vis des champignons inférieurs lorsque ceux-ci pénètrent accidentellement dans une ampoule. Certains de ces champignons, comme le *Penicillium notatum* en particulier, poussent abondamment dans les milieux nutritifs renfermant une proportion d'aldéhyde formique qui suffit à empêcher la culture de la plupart des bactéries. Si, dans la suite, il est établi que le formol ne gêne pas l'élaboration de la pénicilline et ne nuit pas à ses propriétés thérapeutiques, il pourra être d'une précieuse utilité dans la production industrielle de cette nouvelle substance médicamenteuse.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la formation des petits ions, des gros ions, et des centres neutres.* Note de M. GEORGES REBOUL.

Dans le schéma de Bohr les couches concentriques d'électrons en mouvement autour du noyau forment barrières de potentiel et protègent, du moins partiellement, l'intérieur de l'atome contre les actions perturbatrices extérieures; inversement d'ailleurs, elles constituent un écran protégeant l'extérieur contre des perturbations qui prendraient naissance à l'intérieur de l'atome. De la même manière, dans un électromètre à quadrants ou dans un galvanomètre cuirassé, l'équipage mobile se trouve protégé contre toute action électrique perturbatrice par une enveloppe métallique convenable. Dans l'atome ainsi cuirassé, la protection est imparfaite, comme le serait, dans les appareils précédents, celle d'une grille métallique à mailles plus ou moins serrées:

I. Pour des radiations de très courte longueur d'onde qui tombent sur l'atome, les couches électroniques en bordure forment une protection insuffisante, l'effet perturbateur se fait sentir dans les couches périphériques intérieures et arrache des électrons aux orbites les plus voisines du noyau central.

Si au contraire les radiations perturbatrices sont peu pénétrantes ou si l'on a affaire à une action chimique, à un effet ionocapillaire ou thermoionique, les électrons arrachés appartiendront aux orbites en bordure de l'atome.

Dans les deux cas l'atome se trouve ionisé; mais, dans le premier, sa charge se trouve à l'intérieur de la cuirasse électronique, qui protège alors le milieu

environnant; en conséquence les molécules neutres voisines de l'atome sont faiblement attirées, leur cortège est peu nombreux et il se forme de petits ions. Dans le deuxième cas, la charge est au contraire située sur l'orbite en bordure de l'atome et son action électrostatique s'exerce pleinement sur les molécules neutres voisines, qui sont attirées en plus grand nombre et forment de gros ions.

II. Il peut arriver que, sous l'effet des perturbations extérieures, l'atome soit seulement excité; les électrons arrachés ne le quittent pas complètement, mais passent de l'orbite qu'ils occupent normalement à une orbite voisine.

Si la radiation excitatrice est très pénétrante, l'électron qui change de niveau appartient aux couches périphériques profondes; il passe, par exemple, d'un niveau K à un niveau L ou M, mais reste à l'intérieur de la cuirasse protectrice. L'atome ainsi excité est électriquement neutre et ne peut attirer les molécules neutres environnantes; dès que l'excitation cesse, après un temps de relaxation très court, l'électron reprend sa place sur son orbite primitive.

Si l'action excitatrice n'atteint que les électrons appartenant aux couches en bordure, pendant l'excitation ceux-ci viennent sur une des orbites virtuelles et normalement inoccupées à l'extérieur de l'atome. Ce dernier ainsi excité se présente alors comme un véritable doublet électrique qui tournerait autour de son pôle positif. Les actions électrostatiques des pôles de ce doublet, s'exerçant librement, attirent autour de chaque pôle une couronne de molécules analogue à celle qui se forme autour des atomes ionisés pour produire de gros ions. Quand l'excitation cesse, ces cortèges moléculaires mettent à se détruire un temps plus ou moins long qui augmente la durée de relaxation de l'atome.

On obtient ainsi, dans ce dernier cas, des conglomerats électriquement neutres, ne se détruisant qu'avec une lenteur relative et présentant des propriétés analogues à celles qu'auraient des atomes dont l'excitation durerait un temps appréciable.

III. Ce mécanisme de formation des gros ions et des centres neutres n'introduit aucun changement dans les études théoriques que Langevin en a faites; les équations qu'il a données s'appliquent intégralement et ses raisonnements pour les établir sont, à peu de chose près, les mêmes.

D'autre part les centres neutres obtenus par ce mécanisme paraissent être ceux que Maurice de Broglie a jadis mis en évidence et étudiés; cette constitution rend facilement compte de leurs propriétés.

Cependant ce mécanisme a l'avantage de donner une explication de quelques propriétés particulières que l'expérience m'avait révélées (¹), notamment de la persistance de l'état d'excitation de ces centres neutres quand des isolants les adsorbent et de l'action qu'ils sont capables d'exercer, dans certains cas, sur la plaque photographique.

(¹) G. REBOUL, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1733; *Journal de Physique*, 7^e série, 4, 1933, p. 73.

M. PHILIBERT GUINIER fait hommage à l'Académie du fascicule 1 du Tome IX des *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts*; ce fascicule renferme la première partie, consacrée aux Conifères, du *Catologue des espèces cultivées dans l'Arboretum des Barres*, travail exécuté, sous la direction de RENÉ ROL, par JEAN POURTET et PHILIPPE DUCHAUFOUR, pour lequel il a rédigé une *Préface*.

Situé à Nogent-sur-Vernisson (Loiret), et géré par l'Administration des Eaux et Forêts, le domaine des Barres comprend, sur une surface d'environ 90 hectares, un Arboretum, des plantations d'arbres d'essences variées en massifs et un Fruticetum groupant de nombreuses espèces d'arbustes. Le créateur de l'Arboretum a été Philippe-André de Vilmorin, qui, à partir de 1821, y a planté la plupart des essences introduites d'Amérique au XVIII^e siècle. Ce fut en outre un précurseur en ce qui concerne l'application de la génétique à la culture des arbres forestiers : le premier, il a eu la claire notion de l'importance pratique de la distinction des races de nos essences. Il a organisé des cultures comparées de diverses races de Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) qui restent un modèle et a institué une expérience pour établir la constance des caractères de la race de Calabre du Pin Laricio (*Pinus Laricio* Poir., var. *calabrica* Delam.). Après sa mort, la partie du domaine où il avait réalisé des plantations fut acquise, en 1866, par l'État et devint le siège d'Écoles forestières, secondaire et primaire. Sous l'impulsion des forestiers qui se sont succédé dans la direction du domaine et spécialement sous celle de Pardé, qui a laissé un nom comme dendrologue, les plantations ont été continuées et de nouvelles espèces ont été introduites dans le domaine progressivement agrandi. Entre temps, à partir de 1894, Maurice de Vilmorin, propriétaire de la partie du domaine non cédée à l'État, organisait le *Fruticetum Vilmorinianum* et s'attachait de plus à cultiver des espèces d'arbres récemment découvertes, en Chine notamment. Ces plantations furent données, en 1921, à l'État, qui, plus récemment, a acquis le surplus du domaine.

Ainsi s'est trouvée constituée une collection vivante d'arbres et d'arbustes comprenant à peu près toutes les espèces susceptibles de croître sous le climat moyen de la France : par son ancienneté et sa richesse, elle se classe parmi les plus belles du monde et il est permis de dire qu'elle n'est pas assez connue. L'intérêt en est considérable tant du point de vue scientifique que pratique. Les botanistes peuvent y observer, à des états divers de développement, des espèces ligneuses originaires de pays variés, pour lesquelles les documents d'herbier, toujours assez difficiles à recueillir et à conserver quand il s'agit d'arbres, ne sont pas suffisants. Les horticulteurs peuvent y juger de la valeur ornementale et des conditions de croissance d'espèces peu répandues dans les cultures. Enfin l'Arboretum a été spécialement conçu dans un but forestier. Pour produire sur notre territoire davantage de bois répondant aux besoins croissants et variés de l'industrie, pour tirer un meilleur parti de certains de nos sols, il est nécessaire de faire appel à des espèces d'arbres non spontanées,

à des essences exotiques. Les données que l'on peut avoir sur leur écologie, et par conséquent sur les conditions de milieu qu'elles requièrent, sont trop souvent insuffisantes; de plus leur aptitude à se plier à des modifications assez amples des conditions d'existence, leur plasticité, est un facteur le plus souvent imprévisible. Enfin, pour les espèces à aire étendue, il existe des races locales d'exigences et d'intérêt économique variables. L'expérience seule permet d'établir les conditions rationnelles d'utilisation d'une essence exotique pour l'enrichissement de notre flore forestière et cette expérience doit être poursuivie pendant de longues années. De là l'intérêt primordial des Arboretums et des plantations d'essai.

Les collections du domaine des Barres ont fait l'objet de plusieurs catalogues détaillés : le premier, dû à Ph.-A. de Vilmorin, a été publié en 1863; deux autres, établis par les soins de l'Administration des Eaux et Forêts, ont paru en 1878 et 1904. Le catalogue actuel fait suite aux précédents, enregistre les observations faites et les résultats acquis dès l'origine, c'est-à-dire, pour certaines essences, depuis plus d'un siècle; mais il fait état aussi de nombreuses espèces récemment introduites. De plus il est précédé d'une étude détaillée sur le climat et le sol du domaine et donne, pour les essences, les plus importantes des indications sur leur écologie, sur leur réaction vis-à-vis du milieu qui leur a été imposé, sur la valeur de leur bois et formule des conclusions sur leur intérêt horticole et forestier. Ce travail condense ainsi les résultats acquis par les efforts de plusieurs générations de travailleurs : c'est un exemple de la constance de méthodes et de la continuité de vue indispensables en matière d'expérimentation forestière.

ELECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de Sir *J. J. Thomson*, décédé.

A l'unanimité des suffrages, M. **NIELS BOHR** est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **CHARLES DE LA VALLÉE POUSSIN**, élu Associé étranger, adresse ses remerciements à l'Académie.

M. le **MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — *Sur les courbes de première espèce de l'espace à trois dimensions.* Note ⁽¹⁾ de M. ROGER APÉRY, présentée par M. Élie Cartan.

Nous avons établi ⁽²⁾ que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une variété V irréductible et sans singularités de l'espace E_n soit de première espèce est que les hypersurfaces d'ordre l de E_n découpent sur V une série linéaire complète. Nous nous limitons ici au cas où V est une courbe d'ordre m et de genre p . Soient $\varphi(l)$ le nombre d'hypersurfaces d'ordre l linéairement indépendantes passant par V , i_l l'indice de spécialité de la série découpée par les hypersurfaces d'ordre l .

D'après le théorème de Riemann-Roch, on peut écrire

$$(1) \quad C_{l+n}^n - 1 - \varphi(l) = ml - p + i_l.$$

THÉOREME 1. — *Si k est le degré de l'hypersurface H de plus bas degré passant par V , les hypersurfaces d'ordre $k-3$ découpent sur V une série spéciale.*

En effet, d'après la formule (1),

$$\begin{aligned} p &= m(k-1) + 1 - C_{n+k-1}^n - i_{k-1}, \\ &= m(k-2) + 1 - C_{n+k-2}^n - i_{k-2}, \\ &= m(k-3) + 1 - C_{n+k-3}^n - i_{k-3}. \end{aligned}$$

Si l'on avait $i_{k-1} = i_{k-2} = i_{k-3}$, on en déduirait

$$C_{n+k-1}^n - C_{n+k-2}^n = C_{n+k-2}^n - C_{n+k-3}^n,$$

et par conséquent $C_{n+k-3}^{n+2} = 0$, ce qui est impossible si $k > 0$.

Supposons maintenant $n=3$. Soit H la surface de degré minimum k passant par γ , H' une autre surface passant par γ , de degré k' , qui recoupe H suivant γ' . La série canonique complète est découpée sur γ par les surfaces d'ordre $k+k'-4$ passant par γ' . Comme les surfaces d'ordre $k-3$ découpent sur γ une série spéciale, il passe une surface d'ordre $k'-1$ par γ' qui recoupe H suivant une courbe $\bar{\gamma}$ d'ordre inférieur à celui de γ . En appliquant le même raisonnement à $\bar{\gamma}$ on obtient, par *descente infinie*, le résultat suivant :

THÉOREME 2. — *Toute courbe gauche de première espèce de l'espace E_3 se déduit ⁽³⁾ d'une intersection totale.*

Autrement dit, deux courbes gauches constituant un doublet sont nécessairement de seconde espèce, ce qui répond à une question posée par M. Dubreil ⁽⁴⁾.

Remarque 1. — On a supposé dans tous les raisonnements les courbes sans

⁽¹⁾ Séance du 5 février 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 234.

⁽³⁾ Pour le sens exact de ce mot voir DUBREIL, *Act. Sc. Ind.*, 210, 1935, p. 23.

⁽⁴⁾ *Loc. cit.*, p. 29.

singularités; les résultats restent les mêmes pour une courbe quelconque à condition de considérer les points singuliers comme virtuellement inexistants.

Remarque 2. — Le théorème 2 n'est valable que dans l'espace E_3 . Par exemple, dans E_4 , l'intersection totale de trois surfaces quadriques peut être formée de deux quartiques unicursales normales, qui sont toutes deux de première espèce.

MÉCANIQUE. — *Quelques conséquences mécaniques de l'équation de structure d'un corpuscule aléatoire.* Note ⁽¹⁾ de M. JEAN BASS, présentée par M. Henri Villat.

Lorsqu'on part de l'idée physique qu'un corpuscule aléatoire représente un fluide, on peut montrer que la densité de probabilité $F(x, u, t)$ de sa position X et de sa vitesse U vérifie une équation fonctionnelle de la forme

$$(1) \quad \frac{\partial F}{\partial t} + \sum u_k \frac{\partial F}{\partial x_k} + \sum A_k \frac{\partial F}{\partial u_k} = D(F),$$

$D(F)$ étant un opérateur qui définit la *structure* du corpuscule ⁽²⁾. À cette équation correspond une équation générale de transfert d'une grandeur $\Psi(u)$. Si la définition du corpuscule aléatoire est purement mathématique, on peut expliciter l'opérateur D ⁽³⁾. Je me propose ici d'écrire dans quelques cas particuliers l'équation de transfert et les équations mécaniques qu'elle contient et de comparer les résultats obtenus.

1^{er} exemple. Corpuscule doublement dérivable. — Cet exemple a été traité par Dedeant, Moyal et Wehrle ⁽⁴⁾, qui ont montré que, lorsque $U(t)$ est la dérivée aléatoire de $X(t)$ et que $U(t)$ est dérivable, on peut expliciter l'opérateur D et en tirer l'équation de continuité, des équations hydrodynamiques de forme classique et une équation thermodynamique (équation A).

2^e exemple. Chaînes simples continues. — On sait que l'opérateur D est un opérateur différentiel du second ordre [notations de la Note précédente ⁽³⁾].

On trouve alors pour équation de transfert

$$(2) \quad \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\rho \Psi) + \sum \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho \Psi U_k) \right] = \sum A_k \frac{\partial \Psi}{\partial u_k} + \frac{1}{2} \sum B_{ke} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial u_k \partial u_e}.$$

En faisant $B_{ke} = 0$, on retrouve l'équation de Dedeant, Moyal et Wehrle. Comme les B_{ke} n'interviennent que dans les termes du second ordre, l'équation de continuité et les équations du mouvement sont identiques aux équations A. L'équation d'énergie en diffère par le terme $\frac{1}{K} \sum B_{uu}$.

⁽¹⁾ Séance du 5 février 1945.

⁽²⁾ G. DEDEANT et PH. WEHRLE, *Comptes rendus*, 1938, p. 1790.

⁽³⁾ J. BASS, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 190.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 332.

3° *exemple*. — On rencontre dans certains problèmes de physique des opérateurs D qui, pour une seule dimension, s'écrivent

$$D(F) = A_1(x) \frac{\partial F}{\partial u} + \lambda^2 A_2(x) \frac{\partial^2 F}{\partial u^2} + \dots + \lambda^{2n} A_{2n+1}(x) \frac{\partial^{2n+1} F}{\partial u^{2n+1}} + \dots$$

On peut leur donner la forme symbolique suivante

$$D = \frac{1}{2\lambda} [V(x, \lambda p) - V(x, -\lambda p)], \quad p = \frac{\partial}{\partial u},$$

où $V(x, y)$ est une fonction développable en série de Taylor pour des valeurs suffisamment petites de y . L'équation de transfert s'écrit alors

$$(3) \quad \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{\Psi}) + \sum \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho \bar{\Psi} U_k) \right] = -\bar{D}(\bar{\Psi}) = -\sum \lambda^{2n} A_{2n+1}(x) \frac{\partial^{2n+1} \bar{\Psi}}{\partial u^{2n+1}}.$$

Le transfert des grandeurs de degré 0, 1 et 2 conduit aux mêmes équations que pour le corpuscule aléatoire dérivable. Toutes les équations sont donc identiques à celles du corpuscule dérivable.

4° *exemple*. — La théorie cinétique des gaz conduit à une équation du type (1); c'est l'équation intégrodifférentielle de Boltzmann, où l'opérateur D est un opérateur intégral bien connu. L'équation de transfert de Boltzmann s'écrit

$$(4) \quad \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{\Psi}) + \sum \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho \bar{\Psi} U_k) \right] = \sum A_k \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial u_k} + m B_s(\bar{\Psi}),$$

les A_k étant les composantes (indépendantes de la vitesse) de la force extérieure, et B_s un opérateur ⁽⁵⁾ qui s'annule lorsque $\bar{\Psi}$ est un nombre constant, une composante de la vitesse, ou l'énergie cinétique. Il en résulte que les équations A ont exactement la forme des équations de Boltzmann.

COMPARAISON ENTRE LES QUATRE EXEMPLES TRAITÉS. — *Remarques diverses*. — Dans ces quatre exemples la structure des fonctions aléatoires qui définissent le corpuscule est connue. Mais, dans les deux premiers, elle apparaît comme une conséquence de la définition mathématique de ces fonctions. Du point de vue statistique, ces fonctions sont donc bien déterminées. Du point de vue de la théorie des fonctions, il resterait à organiser une épreuve qui permette de construire effectivement les fonctions $X(t)$ et $U(t)$ pour chaque valeur de t .

Dans le 3° exemple, la structure est donnée, mais la connexion est inconnue.

Dans le 4° exemple, on doit admettre, comme l'ont déjà fait remarquer G. Dedebant, J. Moyal et Ph. Wehrle ⁽⁶⁾, et J. Kampé de Fériet (*Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, 1939), que le gaz est un corpuscule aléatoire. Ici l'épreuve

⁽⁵⁾ Voir les *Leçons sur la théorie des gaz* de BOLTZMANN, traduction française, 1, p. 113 et 136.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 243.

statistique est connue : elle consiste à suivre le mouvement d'une molécule déterminée. La détermination de la structure et les propriétés de l'opérateur B , ont une origine mécanique (analyse des chocs) et non plus mathématique. Mais les résultats de la théorie des gaz au sujet de la connexion sont très incertains et mal reliés à la structure.

On voit que, si l'on assimile le corpuscule aléatoire à un fluide :

1° les équations mécaniques et thermodynamiques ne suffisent pas à le caractériser, puisque, dans 4 cas de structures très diverses, elles sont les mêmes (à un terme près dans le 2° cas);

2° le caractère statistique de ces équations ne provient pas forcément de causes concrètes (chocs). Dans certains cas, on reconnaîtra que le « fluide » étudié peut-être représenté par un corpuscule aléatoire. On cherchera une structure (et une connexion) compatibles avec ses propriétés, et l'on pourra enfin s'efforcer de reconstituer *a posteriori* le phénomène élémentaire (organisation des épreuves).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ecoulement plan supersonique. Ondes de choc obliques et ondes de détente.* Note de M. ADALBERT OUDART, présentée par M. Joseph Perès.

I. *Ondes de choc obliques.* — Leur étude a conduit à tracer, à partir des équations de Meyer, deux familles de courbes ⁽¹⁾ donnant les rapports p_2/p_0 et p_1/p_0 en fonction de la déviation des lignes de courant et de leur incidence sur l'onde de choc (p_0 , pression au point de vitesse nulle amont; p_1 , pression en amont de l'onde de choc; p_2 , pression en aval de l'onde de choc).

Les équations de ces courbes sont assez compliquées en particulier les premières affectent la forme de boucles; et le tracé en est assez pénible.

En prenant pour paramètre le rapport des vitesses normales ⁽²⁾ à l'onde de choc en amont V_{n_1} et en aval V_{n_2} , $\sigma = V_{n_2}/V_{n_1}$, suivant en cela le principe adopté par M. Servanty dans une étude ⁽³⁾ de la Société Nationale de Constructions Aéronautiques du Sud-Ouest, nous avons été conduit à tracer deux familles de courbes très simples.

Rappelons que, le fluide étant régi par l'équation adiabatique, on est conduit [(loc. cit. ⁽²⁾ ou ⁽³⁾)] aux équations

$$(1) \quad \text{Equation de continuité,} \quad m = \rho_1 V_{n_1} = \rho_2 V_{n_2};$$

$$(2) \quad \text{Quantités de mouvement,} \quad m(V_{n_1} - V_{n_2}) = p_2 - p_1;$$

$$(3) \quad \text{Conservation de l'énergie,} \quad \frac{V_{n_1}^2 - V_{n_2}^2}{2} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left(\frac{p_2}{\rho_2} - \frac{p_1}{\rho_1} \right).$$

⁽¹⁾ G. I. TAYLOR and J. W. MACCOLL, *The mechanics of compressible fluids*; W. F. DURAND, *Aerodynamic Theory*, III. Division H, p. 209 à 250, Berlin, 1935.

⁽²⁾ M. GIQUERAUX, *Mécanique des Fluides théorique*, 1944.

⁽³⁾ Rapport sur les Essais d'un profil d'aile en soufflerie supersonique effectués par le Centre d'Essais de la Mécanique des fluides (non publié).

D'où l'on tire, en posant

$$(4) \quad A = \left(1 + \frac{p_1}{\rho_1 V_{n_1}^2} \right) \frac{2\gamma}{\gamma + 1},$$

$$(5) \quad \sigma = A - 1.$$

L'équation des vitesses tangentiels à l'onde donne

$$(6) \quad \frac{\tan i_1}{\tan i_2} = \frac{V_{n_2}}{V_{n_1}} = \sigma$$

(i_1 incidence, i_2 réfraction des lignes de courant).

La déviation est

$$(7) \quad \psi = i_2 - i_1$$

et par ailleurs

$$(8) \quad \cos i_1 = \frac{V_{n_1}}{V_1}.$$

Posant $\tan i_1 = t$; $\tan \psi = \theta$,

$$(9) \quad s = \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \frac{\rho_1 V_1^2}{p_1} = \frac{\gamma + 1}{2} M_1^2 \quad \text{avec } M_1 = \frac{V_1}{a_1};$$

on obtient sans difficultés les deux équations

$$(10) \quad 1 + t^2 - s \left(\sigma - \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} \right) = 0, \quad t^2 + \frac{\sigma - 1}{\theta} t + \sigma = 0.$$

Ces deux équations représentent dans le plan (t, σ) , la première un *faisceau de paraboles* où s est paramètre de famille, la deuxième un *faisceau d'hyperboles* où θ est paramètre de famille. Ces deux faisceaux sont très faciles à tracer avec précision. A signaler que le lieu de points où les hyperboles ont une tangente parallèle à l'axe des t est la parabole $\sigma = t^2$. Pratiquement, on cherche à déterminer l'onde de choc à partir de ψ et des conditions amont ρ_1, V_1, p_1 , c'est-à-dire à déterminer i_1 et $\varpi = p_2/p_1$. La résolution est immédiate et est donnée par l'intersection des courbes θ et s convenables.

Naturellement, les deux faisceaux seront gradués en valeur de M_1 (nombre de Mach amont) et de ψ , les axes étant eux-mêmes gradués en valeurs de i_1 et de σ , ou mieux de ϖ , grâce à la formule [Cf. *loc. cit.* (2), p. 299]

$$\sigma = \frac{(\gamma - 1)\varpi + (\gamma + 1)}{(\gamma + 1)\varpi + (\gamma - 1)}.$$

On trouve deux solutions, dont on ne retient que celle du plus grand i_1 (augmentation minimum d'entropie); cette solution physique est d'ailleurs extérieure à l'ovale de la cubique

$$\sigma^2 + \alpha(t^2 - 1) + t^2(1 - 2\sigma_0) = 0.$$

II. *Ondes de Meyer* [Cf. *loc. cit.* (1), p. 243 et *loc. cit.* (2), p. 325]. — L'étude mathématique des ondes qui prennent naissance au sommet S d'un angle supérieur à 180° (le courant étant parallèle aux côtés de cet angle) conduit, en appelant θ un certain angle polaire d'origine S, aux formules

$$(1) \quad \tan i = \frac{\tan \left(\sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \theta \right)}{\sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}}} \quad \text{avec} \quad \cos i = \frac{1}{M}.$$

$$(2) \quad \frac{p}{p_1} = \left[\frac{\cos \left(\sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \theta \right)}{\cos \left(\sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \theta_1 \right)} \right]^{\frac{2\gamma}{\gamma-1}},$$

$$(3) \quad \psi(\theta - i) = (\theta_1 - i_1) \quad (\psi \equiv \text{déviation}).$$

La formule (3), jointe à la formule (1) utilisée deux fois, permet de déterminer i à partir de ψ et de i_1 (et par conséquent M à partir de ψ et de M_1). La formule (2), dans les mêmes conditions, permet de déterminer alors le rapport σ des pressions aval (p) et amont (p_1) du pinceau d'ondes de Meyer.

L'équation (3) se résout commodément par un abaque à points alignés, gradué en ψ , i , i_1 ou ψ , M , M_1 . L'équation (2) peut se résoudre aussi par un abaque à points alignés. L'abaque à deux dimensions, aux échelles identiques

$$x = \left(\cos \sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \theta_1 \right)^{\frac{2\gamma}{\gamma-1}}, \quad y = \left(\cos \sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \theta \right)^{\frac{2\gamma}{\gamma-1}},$$

offre également des commodités, les axes de coordonnées étant gradués en i_1 , i et en M_1 , M .

GÉODÉSIE. — *Évaluation de la précision d'un nivellement par le procédé des droites moyennes*. Note (1) de M. JEAN VIGNAL, présentée par M. Georges Perrier.

On sait qu'une méthode de nivellement est affectée par deux catégories d'erreurs, agissant *indépendamment* les unes des autres :

Les *erreurs accidentelles* sont telles que l'erreur probable accidentelle, sur une distance L , soit $\eta \sqrt{L}$, η étant un coefficient indépendant de L .

Les *erreurs systématiques* sont telles que l'erreur probable systématique, sur une distance L , soit $\zeta_L \sqrt{L}$, ζ_L étant un coefficient qui croît avec la distance L , depuis une valeur nulle pour les très faibles distances L , jusqu'à une limite ζ

(1). Séance du 15 janvier 1945.

atteinte lorsque la distance L atteint et dépasse une valeur Z assez imprécise, de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres.

Les coefficients caractéristiques essentiels de la précision du nivellement sont η et ζ . Le plus important est pratiquement de beaucoup ζ .

Pour l'obtenir, un procédé classique consiste à tracer, de la façon suivante, le *diagramme des discordances cumulées*, pour un ensemble de tronçons de longueurs L . On porte en abscisses Ox les distances L des repères à partir de l'origine du tronçon et en ordonnées Oy les discordances, cumulées depuis l'origine, entre les résultats des deux nivellements composants, supposés indépendants, dont le nivellement donné est par hypothèse la moyenne. A travers le diagramme, on trace la *droite moyenne* s'en écartant le moins possible.

Appelons α et β , à l'extrémité du tronçon, les discordances accidentelle et systématique des deux nivellements composants, individuellement inconnues, de somme γ ; et soit μ la différence connue des ordonnées extrêmes de la droite moyenne.

Il est clair que, pour des tronçons de même longueur L ,

$$\zeta_L^2 = \frac{1}{9} \text{moy } \frac{\beta^2}{L},$$

et que

$$\eta^2 = \frac{1}{9} \text{moy } \frac{\alpha^2}{L}.$$

Rune a montré en 1920 qu'on a, pour des tronçons de même longueur L ,

$$\text{moy } \beta^2 = \text{moy } \mu^2 - \frac{6}{5} \text{moy } \alpha^2.$$

On en tire l'expression suivante, admise internationalement en 1936 pour le calcul de ζ_L et par suite de ζ , connaissant η , à l'aide de tronçons de même longueur L ,

$$\zeta_L^2 = \frac{1}{9} \text{moy } \frac{\mu^2}{L} - \frac{6}{5} \eta^2.$$

Pour obtenir la relation ci-dessus entre $\text{moy } \beta^2$ et $\text{moy } \mu^2$, Rune définit de la façon suivante, sur le diagramme des discordances cumulées, la *droite moyenne*, d'équation $y = a + bx$. Il divise le tronçon considéré de longueur L en un grand nombre n d'intervalles égaux, de longueurs $l = L/n$, qu'il appelle l_1, l_2, \dots pour les distinguer les uns des autres. Il considère sur le diagramme les points $M_0, M_1, M_2, \dots, M_n$, limitant ces intervalles. Désignant par (x_i, y_i) les coordonnées du point M_i , il définit la droite moyenne par la condition que $\Sigma[y_i - (a + bx_i)]^2$ soit minimum, lorsque le nombre n des intervalles croît indéfiniment.

Des calculs *laborieux* conduisent, dans ces conditions, au résultat de Rune.

Montrons qu'il est *plus simple* de définir la droite moyenne, *ce qui revient au même*, par la condition que soit minimum l'intégrale

$$\int_0^L [y - (a + bx)]^2 dx.$$

De cette définition on tire immédiatement b , et par suite $\mu = bL$:

$$\mu = \frac{12}{L^2} \int_0^L \left(x - \frac{L}{2}\right) y dx.$$

Soient, dans l'intervalle dx , $d\alpha$ et $d\beta$, les discordances accidentelle et systématique, dont la somme est dy .

Posons

$$d\alpha' = d\alpha + \left(d\beta - \frac{\beta}{L} dx\right),$$

on voit facilement que

$$\mu = \beta + \frac{6}{L^2} \int_0^L x(L-x) d\alpha'.$$

Considérons maintenant un grand nombre de tronçons de même longueur L , et calculons moy μ^2 .

Seuls interviennent les termes en moy β^2 , moy $d\alpha'^2$, les autres étant négligeables devant eux. On a

$$\text{moy } d\alpha'^2 = \text{moy } d\alpha^2 = \frac{dx}{L} \text{ moy } \alpha^2.$$

D'après cela, pour des tronçons de même longueur L ,

$$\text{moy } \mu^2 = \text{moy } \beta^2 + \text{moy } \alpha^2 \frac{1}{L} \left(\frac{6}{L^2}\right)^2 \int_0^L [x(L-x)]^2 dx.$$

Cette expression conduit immédiatement au résultat annoncé.

Remarque. — Le même mode de raisonnement s'applique aussi simplement à d'autres définitions de la droite moyenne.

Si par exemple on assujettit la droite moyenne à laisser de part et d'autre du diagramme des aires égales, et à passer par une extrémité de la courbe, on obtient la relation suivante, elle aussi indiquée par Rune en 1920, pour des tronçons de même longueur L ,

$$\text{moy } \beta^2 = \text{moy } \mu^2 - \frac{4}{3} \text{ moy } \alpha^2.$$

OPTIQUE. — *Remarques sur les dispersions rotatoires naturelle et magnétique du limonène.* Note ⁽¹⁾ de M. **ROGER SERVANT**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Le limonène est l'un des premiers liquides actifs sur lesquels on a montré ⁽²⁾ l'inexactitude de la loi de Wiedemann. On peut en donner l'explication ⁽³⁾ suivante :

Son pouvoir rotatoire peut être mis sous la forme

$$\alpha = \frac{n^2 + 2}{3} \cdot \frac{22,2}{10^{-6}\lambda^2 - 3,8} \cdot \alpha_D$$

(λ étant exprimée en Å et α_D représentant le pouvoir rotatoire pour la raie D) et sa réfractivité peut s'écrire

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = 0,273 \frac{10^{-6}\lambda^2}{10^{-6}\lambda^2 - 1}$$

Il y a donc ⁽⁴⁾ un important décalage entre les longueurs d'onde actives correspondantes (1950 et 1000 Å). Il doit donc y avoir un décalage semblable pour le pouvoir rotatoire magnétique. Celui-ci en effet peut s'écrire

$$\alpha_m = \frac{(n^2 + 2)^2}{9n} \cdot \frac{25 \cdot 10^{-6}\lambda^2}{(10^{-6}\lambda^2 - 1)^2} \cdot (\alpha_m)_D$$

[où λ est exprimée en Å et $(\alpha_m)_D$ représente la rotation magnétique pour la raie D]. Il est *commandé* par la même bande d'absorption que la réfractivité et cette bande est très distincte de celle agissant sur le pouvoir rotatoire naturel. Ainsi *les pouvoirs rotatoires naturel et magnétique dépendent de deux bandes d'absorption distinctes*, ce qui entraîne une variation notable de α/α_m lorsqu'on se rapproche de l'une des bandes d'absorption.

II. Il est intéressant de calculer pour le limonène le nombre *d'électrons optiques* et de résoudre à ce propos une difficulté soulevée par la théorie moléculaire :

Calculons en effet le *nombre d'électrons efficaces* (par molécule) par la formule

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = \frac{\mathcal{N}}{3} \cdot \frac{e^2}{m} \cdot \frac{\lambda_0^2}{\pi c^2} \cdot \frac{f\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$$

(où M est la masse moléculaire, d la densité, \mathcal{N} le nombre d'Avogadro, e et m la charge et la masse de l'électron, c la vitesse de la lumière). En prenant $M = 136$, $d = 0,85$, $\mathcal{N} = 6 \cdot 10^{23}$, $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$, $e/mc = 1,76 \cdot 10^7$, $\lambda_0^2 = 10^{-10}$,

⁽¹⁾ Séance du 19 février 1945.

⁽²⁾ E. DARMOIS, *Ann. Chim. et Phys.*, **22**, 1911, p. 539.

⁽³⁾ R. SERVANT, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 183.

⁽⁴⁾ H. VOLKMANN, *Zeits. phys. Chem.*, B, **10**, 1930, p. 161.

$c = 3 \cdot 10^{10}$, il vient

$$f = 24,5$$

Si l'on appliquait la formule de de Mallemann ⁽⁵⁾

$$[\Omega]_M = 49 \frac{[R]_M^2}{p \cdot \lambda^2} \cdot 10^{-15},$$

exprimant la *rotativité moléculaire* $[\Omega]_M$ en fonction de la réfraction moléculaire $[R]_M$ et du nombre p d'électrons efficaces (en prenant $\lambda = 0^{\mu}, 589$ et $\Lambda = 4,8 \cdot 10^{-6}$), on trouverait $p = 49$.

C'est que cette dernière formule suppose un effet Zeeman *normal*. Si l'on introduit au contraire l'*anomalie magnétique* de C. G. Darwin et W. H. Watson ⁽⁶⁾, il vient

$$\frac{9n}{(n^2+2)^2} \cdot \frac{\Lambda \cdot M}{d} = \gamma \cdot \frac{9\pi}{2Ne\lambda^2} \cdot \frac{[R]_M^2}{f}.$$

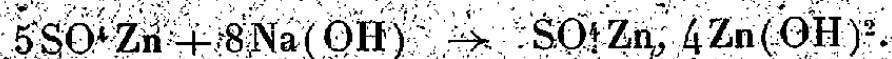
On peut alors *conserver à f la valeur 24,5* à condition de prendre pour γ la valeur $\gamma = 24,5/49 = 0,5$ tout à fait compatible avec les valeurs trouvées pour les autres liquides organiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation de l'hydroxyde de zinc.*

Note de M. JOSEPH HEUBEL, présentée par M. Paul Lebeau.

Comme pour le cuivre ⁽¹⁾, nous avons étudié, par mesure de la conductibilité électrique à 20°, l'action mutuelle de la soude et du sulfate de zinc au sein de l'eau. Les solutions sont de même molarité (1/2, 1/10 et 1/20 mol. g./litre). Les résultats, contrôlés par l'analyse chimique, sont analogues à ceux trouvés pour le cuivre :

1° *Addition de soude au sulfate de zinc.* — *a.* La courbe des résistances, déterminée jusqu'à l'addition de 3,5 mol. Na(OH) pour 1 mol. SO₄Zn, a deux branches. La brisure correspond sensiblement à la fin de la précipitation du sulfate de zinc tétrabasique



Le rapport moléculaire de l'hydroxyde au sulfate dans le précipité varie de 3,70 à 3,90 pour les très nombreuses expériences réalisées, résultat assez remarquable puisque l'adsorption du sulfate par le précipité est pratiquement inévitable.

b. Le sulfate tétrabasique précipité est stable en présence d'eau. Aucune

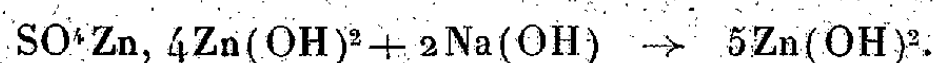
⁽⁵⁾ *Ann. Phys.*, 17, 1942, p. 365.

⁽⁶⁾ *Proc. Roy. Soc. of London, A*, 114, 1927, p. 474.

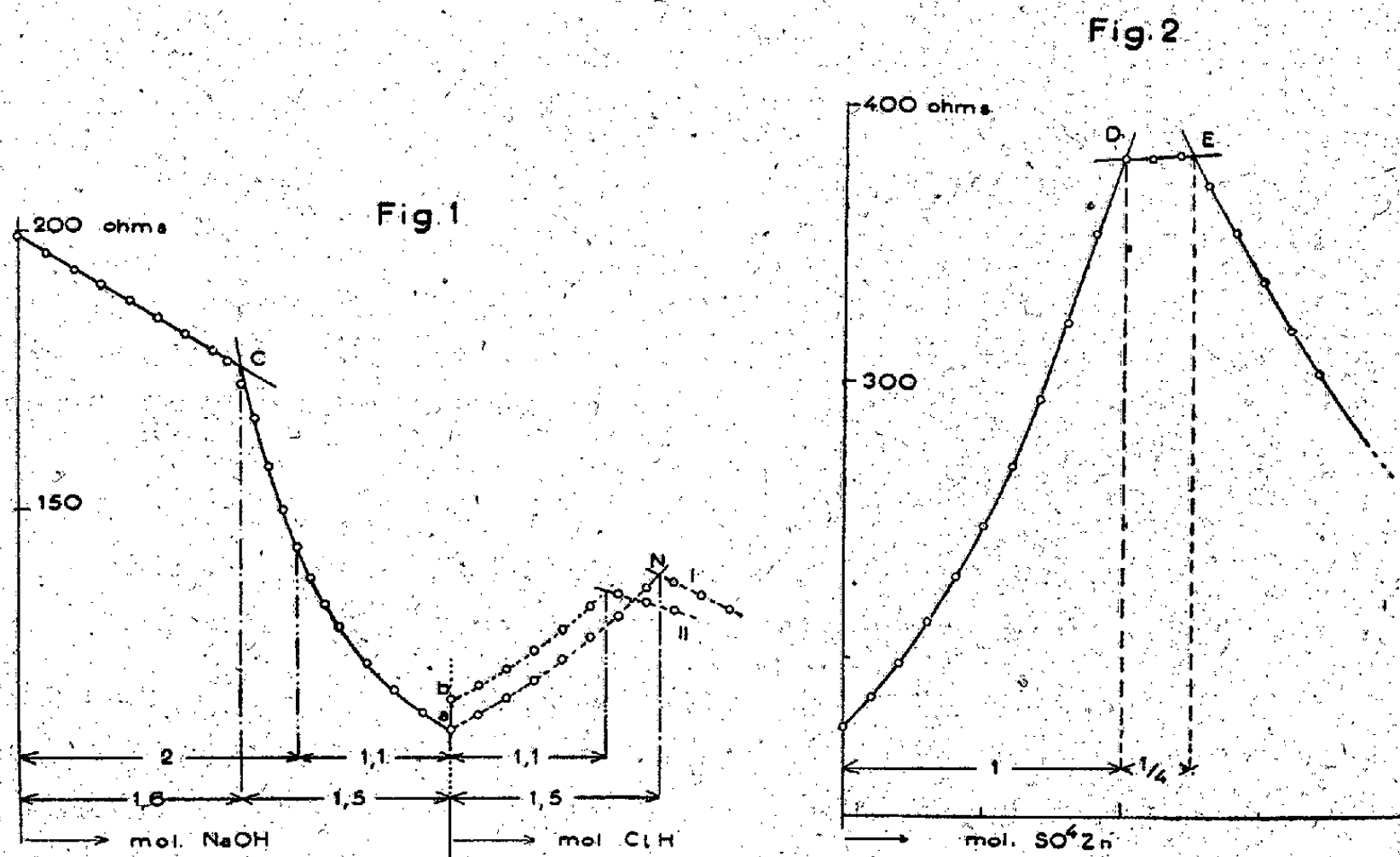
⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 249, 1944, pp. 363-364.

action n'a été observée après 48 heures de contact à 20°, malgré une vive agitation. Une ébullition de quelques minutes ne l'a pas davantage altéré.

Il évolue par contre assez vite en présence de soude, se transformant totalement en hydroxyde. Ce phénomène a été mis en évidence de la même façon que pour le cuivre :



La figure 1 donne un exemple de courbe (trait plein). La quantité de SO^4Zn

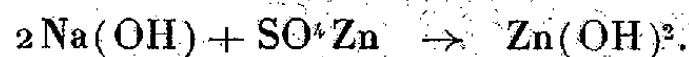


mise en œuvre est 1 mol., la quantité de soude ajoutée 3,1 mol. La cassure C est à l'abscisse 1,6. Les deux courbes en pointillé représentent :

(I) la neutralisation conductimétrique de la soude restant libre au temps t aussi voisin de zéro que possible, soit $3,1 - 1,6 = 1,5$;

(II) la neutralisation conductimétrique de la soude restant libre après 48 heures, soit $3,1 - 2 = 1,1$. Elles ont été rassemblées sur le même graphique 1. La courbe (II) prouve que le terme de la transformation du sel basique en présence de soude est l'hydroxyde $\text{Zn}(\text{OH})^2$. La formation de zincate n'est pas mise en évidence.

2° *Addition de sulfate de zinc à la soude.* — La courbe des résistances (la figure 2 en représente la partie utile), tracée jusqu'à l'addition de 3,5 mol. SO^4Zn pour 2 mol. $\text{Na}(\text{OH})$, a trois branches déterminant deux cassures nettes. La première D, d'abscisse 1 mol. SO^4Zn , correspond à l'utilisation de toute la soude avec précipitation d'hydroxyde pur :



La seconde E, d'abscisse $5/4$ mol. $\text{SO}^{\cdot}\text{Zn}$, marque la fin de la réaction entre le sulfate de zinc et l'hydroxyde avec formation de sulfate tétrabasique par la réaction irréversible



Ici encore, dans certaines expériences, les deux cassures se trouvent à une abscisse légèrement inférieure à celle prévue théoriquement pour les composés signalés. Ce fait milite en faveur d'une adsorption de soude par le précipité d'hydroxyde.

En résumé l'action mutuelle du sulfate de zinc et de la soude donne deux composés insolubles : le sulfate tétrabasique et l'hydroxyde. Ces corps apparaissent successivement, mais dans un ordre différent, suivant que la soude est ajoutée au sulfate ou inversement. Le passage de l'un à l'autre est relativement facile. Celui de l'hydroxyde au sel basique est pratiquement immédiat, alors que la transformation inverse est lente. La réaction est quantitative dans les deux cas.

L'action mutuelle du sulfate de zinc et de la soude ne diffère de l'action mutuelle du sulfate de cuivre et de la soude que par la formation d'un sel tétrabasique au lieu d'un sel tribasique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques complexes antimoniophénoliques.*

Note de MM. YVES VOLMAR et GEORGES GOETTELMAH.

Causse (¹), Seizhi Takagi et Juno Nagasi (²) ont signalé que certains diphenols donnent avec le chlorure d'antimoine, en présence de chlorures alcalins, des complexes cristallisés peu solubles formés par l'union d'une molécule d'anhydride antimoneux avec une molécule de diphenol.

Nous avons repris cette étude et fait réagir directement l'anhydride antimoneux sur divers phénols en utilisant la technique légèrement modifiée, indiquée par M. Volmar et ses élèves (³) au cours de leurs recherches sur les émétiques, mais en opérant à l'abri de l'air, dans un gaz inerte.

Les courbes obtenues en portant en abscisse l'alcalinité et en ordonnées les quantités d'antimoine fixées, ne présentent pas de maxima comme celles des émétiques; elles ne partent pas de l'origine, un premier complexe insoluble déjà signalé par Causse (¹) se formant en milieu neutre ou faiblement alcalin; elles s'élèvent ensuite rapidement quand l'alcalinité augmente jusqu'à un palier et n'ont pas de branche descendante. Le changement de direction des courbes,

(¹) *Ann. Ch. et Phys.*, 1^{re} série, 14, 1898, p. 524.

(²) *J. Pharm. Soc. Japan*, 56, 1936, p. 161.

(³) VOLMAR et BETZ, *Comptes rendus*, 1932, 194, p. 355; DUQUENOIS, *Thèse de Doctorat*, Paris, Strasbourg, 1935.

généralement net, correspond à la fixation d'une molécule d'anhydride antimonieux par 2^{mol} de phénol, en présence d'une molécule d'alcali.

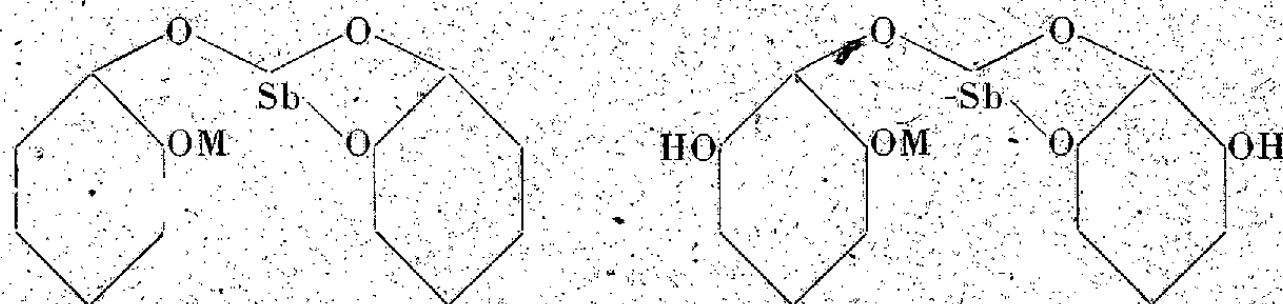
Nous sommes ainsi arrivés aux résultats suivants :

- 1° Les monophénols ne se combinent pas avec l'anhydride antimonieux ;
- 2° Il en est de même des diphenols méta et para ;
- 3° Seuls les diphenols ortho, pyrocatechine-pyrogallol forment en milieu alcalin avec l'anhydride antimonieux, un complexe soluble, voisin des émétiques, dans lequel le groupement diphenolique ortho se comporte comme le groupement α -oxycarboxylique des acides alcools.

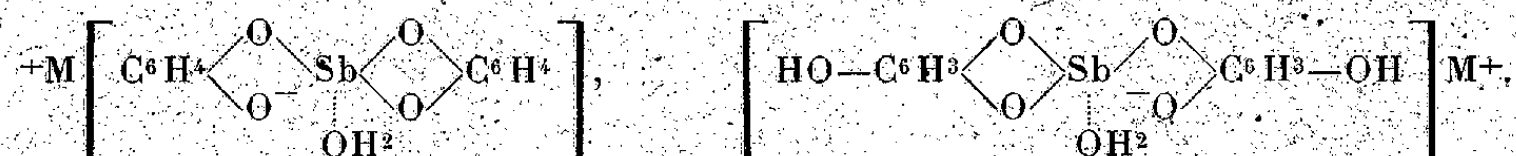
Pour isoler ces complexes, nous nous sommes placés dans les conditions optimales indiquées par les courbes : nous avons fait réagir à l'ébullition pendant une demi-heure dans une atmosphère de gaz inerte, et en agitant constamment 1/20 de molécule de diphenol sur 10⁵ Sb(OH)³, en présence de 30 à 40^{cm3} de soude normale. Après filtration à l'abri de l'air, évaporation rapide et addition d'alcool, nous avons obtenu une série de composés en belles aiguilles, à peine colorées :

antimonio pyrocatechinâtes de potassium.....	(C ⁶ H ⁴ O ²) ² SbK, 2H ² O
» » de sodium.....	(C ⁶ H ⁴ O ²) ² SbNa, H ² O
» » d'ammonium.....	(C ⁶ H ⁴ O ²) ² SbNH ⁴ , H ² O
» pyrogallate de potassium.....	(C ⁶ H ⁴ O ³) ² SbK, H ² O
» » de sodium.....	(C ⁶ H ⁴ O ³) ² SbNa, H ² O
» » d'ammonium.....	(C ⁶ H ⁴ O ³) ² SbNH ⁴ , H ² O

Leur constitution peut être représentée par les schémas



ou, en adoptant avec Duquenois (3) et Reihlen (4) la formule de complexe,



Ces composés sont très solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool; leurs solutions, très oxydables en milieu alcalin, ne s'altèrent que lentement à l'abri de l'air; elles sont décomposées par les acides, mais ne sont précipitées par l'hydrogène sulfuré qu'après addition d'acide. Les orthodiphenols se comportent donc, vis-à-vis de l'anhydride antimonieux, comme les acides alcools α , et sont susceptibles de former avec lui, à côté des produits insolubles signalés par

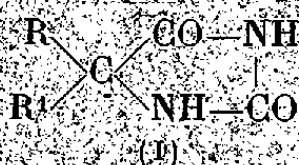
(4) REIHLEN, *Lieb. Ann.*, 487, 1931, p. 213.

Causse ⁽¹⁾, des complexes solubles, de constitution identique à celles des émetiques, mais plus difficiles à isoler à l'état de pureté à cause de leur grande oxydabilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques hydantoïnes thiophéniques*. Note ⁽¹⁾ de M. **PIERRE CHABRIER** et M^{lle} **BIANCA TCHOUBAR**, présentée par M. Marcel Delépine.

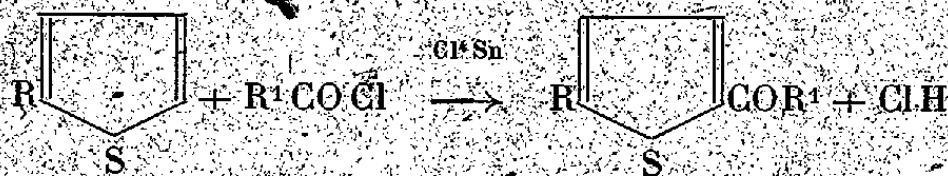
Aucune hydantoïne substituée en 5 par un radical thiényle n'ayant été décrite à notre connaissance, nous avons tenté de préparer quelques-unes d'entre elles.

La méthode la plus générale de préparation des hydantoïnes 5.5 disub-

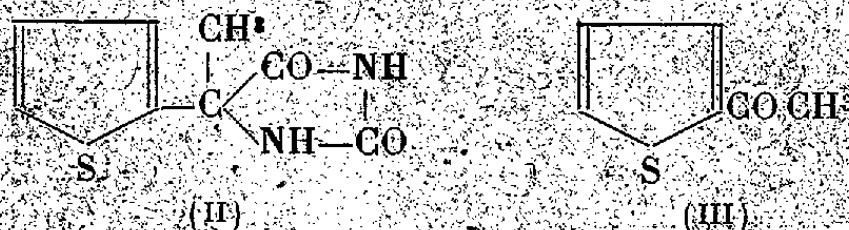


stituées (I), due à Bucherer ⁽²⁾, consiste à chauffer, en milieu hydroalcoolique, un mélange de cétones, symétriques ou non, de carbonate d'ammonium et de cyanure de potassium; dans ces conditions, après un temps variable suivant la nature de la cétone, l'hydantoïne précipite.

Pour préparer les thiénylcétones, nous avons utilisé la méthode de Stadnikow et Kaxhtanow ⁽³⁾, qui consiste à condenser le thiophène ou ses homologues avec un chlorure d'acide en présence de chlorure stannique ou de chlorure de titane :



Si l'on cherche à préparer le terme le plus simple, la thiényl-méthyl-5.5 hydantoïne (II) à partir de l'α-méthylthiénylcétone (III), on constate que,



quels que soient le temps de chauffage et les conditions expérimentales, cette condensation ne s'effectue pas.

Ce fait montre une différence caractéristique entre l'acétophénone et la

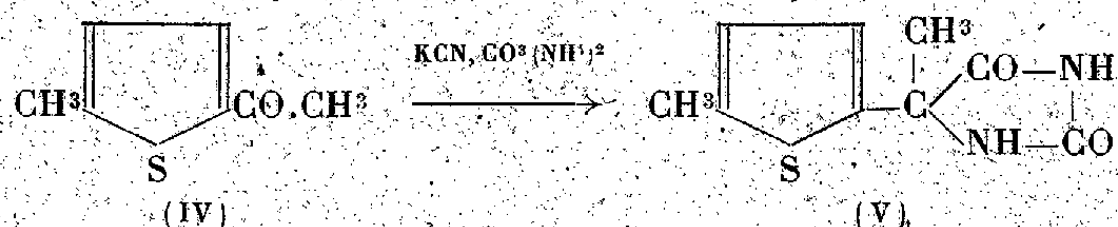
⁽¹⁾ Séance du 12 février 1945.

⁽²⁾ BUCHERER et LIEB, *J. für prakt. Chem.*, Neue Folge, 5, 1934-1935, p. 141.

⁽³⁾ *J. Russ. Physik. Chem.*, 60, 1928, p. 1117.

méthylthiénylcétone, dont on est souvent tenté de comparer les propriétés chimiques.

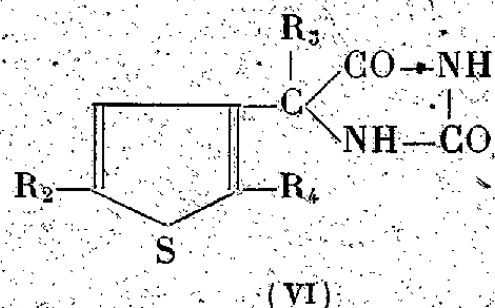
De même la méthylcétone de l' α -méthylthiophène (IV), traitée suivant la



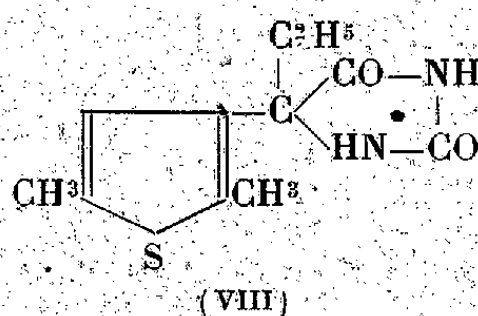
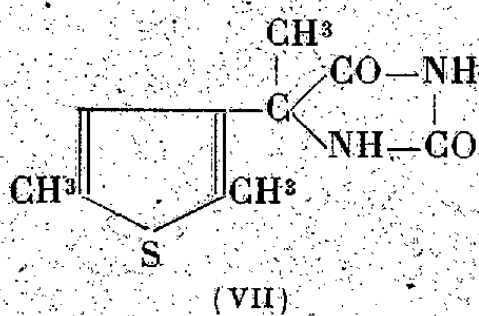
technique de Bucherer, conduit à l'hydantoïne disubstituée (V), avec de très faibles rendements de l'ordre de 5 à 10 %.

Tout se passe comme si l'atome de soufre contigu au carbone portant la fonction cétone provoquait une paralysie de cette dernière, l'empêchant, par exemple, de former des cyanhydrines, terme intermédiaire dans la préparation des hydantoïnes.

Cette hypothèse trouve sa confirmation d'une part dans le fait qu'il ne nous a pas été possible de préparer par les procédés ordinaires des cyanhydrines à partir des α -thiénylcétones, alors qu'on peut en préparer aisément à partir des cétones aromatiques, ces dernières cyanhydrines se condensant facilement avec le carbonate d'ammonium pour conduire aux hydantoïnes avec d'excellents rendements; d'autre part les β -thiénylcétones se condensent aisément dans les conditions précitées pour conduire aux hydantoïnes disubstituées du type (VI)



Ainsi nous avons pu préparer, avec des rendements de 60 à 70 %, la diméthyl $\alpha\alpha'$ -thiényl-5 méthyl-5 hydantoïne (VII) et la diméthyl- $\alpha\alpha'$, thiényl-5 éthyl-5 hydantoïne (VIII)



Signalons que les dérivés thiophéniques utilisés ont été extraits des produits de la pyrogénéation des calcaires bitumineux d'Orbagnoux (Ain) où ils se trouvent en abondance, comme nous l'avons déjà signalé^(*).

(*) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 677.

COMPOSÉS NOUVEAUX OBTENUS

	F.	S %	
		trouvé	calculé
α -methylthienyl-5-méthyl-5-hydantoïne ($C^9H^{10}O^2N^2S$)	172°	14,92	15,23
$\alpha\alpha_1$ -dimethylthienyl-5-méthyl-5-hydantoïne ($C^{10}H^{12}O^2N^2S$)	199	13,88	14,28
$\alpha\alpha_1$ -dimethylthienyl-5-éthyl-5-hydantoïne ($C^{11}H^{14}O^2N^2S$)	176	13,18	13,44

Les dosages de soufre ont été effectués par la méthode au manganite de potassium de Delépine (¹).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du formiate, du chloroformiate et du carbonate d'éthyle sur le magnésien du chlorhydrate de pinène.* Note de MM. **GUSTAVE VAVON** et **CHARLES RIVIERE**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous rappellerons d'abord les faits suivants, que nous avons établis précédemment : le magnésien du chlorhydrate de pinène est un mélange des formes simples, bornylique $R\text{MgCl}$, isobornylique $R'\text{MgCl}$ et d'une forme double $R-Mg-R'$. R possède la structure *trans*, R' la *cis* [MgCl par rapport au chaînon $\text{C}(\text{CH}_3)_2$]. Un chauffage suffisant ramène tout à la structure *trans*.

Le gaz carbonique agit de façon sélective sur le magnésien primitif : il se condense d'abord sur $R\text{MgCl}$, puis sur $R-Mg-R'$ et $R'\text{MgCl}$. Une action ménagée permet ainsi d'enrichir le magnésien en forme isobornylique (environ 80 %).

Ces trois magnésiens, *primitif*, *isomérisé*, *résiduel*, nous ont permis de préciser l'action, en apparence assez compliquée, du formiate, du chloroformiate et du carbonate d'éthyle.

Nous avons été guidés par les considérations suivantes : dans l'isomère *cis*, l'un des CH_3 du chaînon $\text{C}(\text{CH}_3)_2$ apporte un encombrement près de MgCl , encombrement qui n'existe pas dans le *trans*. Le *cis* agira donc plus difficilement que le *trans* dans les réactions d'addition sensibles à l'empêchement stérique. Ainsi s'interprètent l'action sélective de CO_2 et celle du bromure d'allyle. D'autre part, l'isobornéol ayant une grande tendance à la deshydratation, on peut supposer, par analogie, que le magnésien isobornylique perdra facilement le groupe HMgCl et jouera le rôle d'hydrogénant.

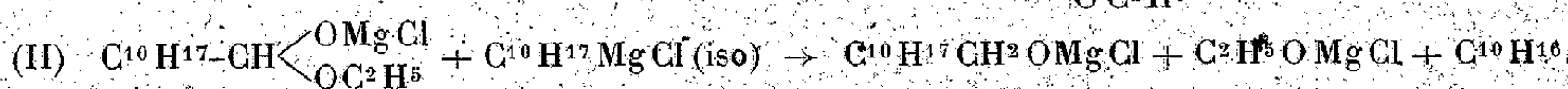
En bref le magnésien isobornylique sera lent pour l'addition, rapide pour l'hydrogénation. Ces vues sont confirmées par l'ensemble des résultats que nous avons obtenus avec les trois magnésiens cités ci-dessus.

Formiate d'éthyle. — Le magnésien *primitif* nous a donné, conformément à ce qu'avaient trouvé Bousset et M^{lle} Vaugin (²), du bornylène et du bornylcarbinol, libre ou à l'état de formiate : ici la forme bornylique donne le produit

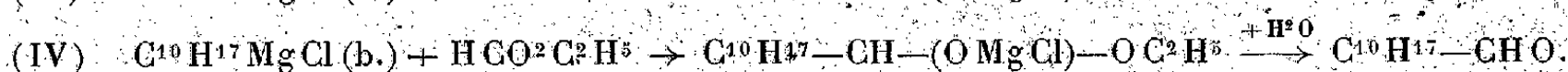
(²) *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 8, 1941, p. 685.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 47, 1930, p. 999.

d'addition normal, lequel est hydrogéné par la forme isobornylique :

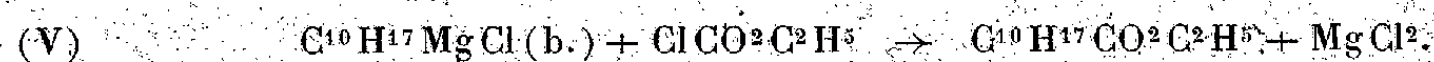


Par contre, avec le magnésien *isomérisé*, on obtient, comme produit principal (50 %), du dibornylcarbinol fait d'après (III), à côté d'aldéhyde (22 %) d'après (IV) et seulement 12 % de bornylcarbinol identique au précédent :



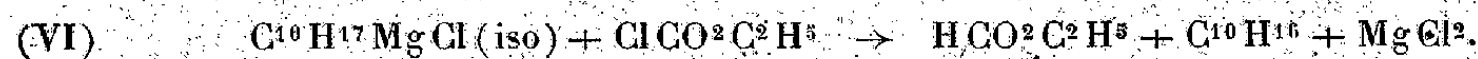
Voici les constantes de ces corps, obtenues à partir du chlorhydrate droit $[\alpha]^{(2)} + 35^{\circ}, 1$: le bornylcarbinol, purifié par son phtalate, fond à 88° , $[\alpha] + 34^{\circ}, 5$; l'aldéhyde a été identifié par son oxime F 60° ; le dibornylcarbinol, après cristallisation dans l'acide acétique, puis dans l'alcool, fond à 86° , $[\alpha] + 40^{\circ}$.

Chloroformiate d'éthyle. — 1, 2 mol. agissant sur une molécule de magnésien *isomérisé* donne le camphane carbonate d'éthyle (Rend. 85 %) :



Ce corps est identique à celui qu'on obtient par estérification de l'acide camphane carbonique $[\alpha] + 12^{\circ}$. Ses constantes sont $E_D, 130-132^{\circ}$, $[\alpha] + 18^{\circ}, 10$.

Avec le magnésien *résiduel* on n'obtient pas de camphane-carbonate, mais du bornylcarbinol et du bornylène : la forme isobornylique hydrogène d'abord le chloroformiate en formiate (VI), qui agit comme ci-dessus (I) et (II) :



Enfin, avec le magnésien *primitif*, on a du camphane carbonate d'éthyle, du bornylcarbinol et du bornylène : la formation d'une molécule de bornylcarbinol nécessite 2 molécules isobornyliques (VI) et (II) et une bornylique (III); ce qui reste de cette dernière forme est employé à donner le camphane carbonate d'éthyle (V).

Carbonate d'éthyle. — Il a été employé à raison d'une molécule par molécule de magnésien. Le magnésien *isomérisé* donne du camphane carbonate d'éthyle (Rend. 58 %) identique au précédent.

Avec le magnésien *primitif* on a, de plus, du bornylcarbinol (12 %) résultant d'une hydrogénation par la forme isobornylique, soit du camphane carbonate d'éthyle, soit du carbonate en formiate qui agirait comme ci-dessus.

Remarque. — Au cours des réactions précédentes, de même que dans l'addition du gaz carbonique ou du bromure d'allyle, la structure du magnésien est respectée et se retrouve dans le produit formé. Il n'en est pas de même dans

(²) Tous les pouvoirs rotatoires donnés ici sont pris pour λ 578 et, pour les solides, dans l'alcool à la concentration d'un dixième.

l'action de l'oxygène, qui, avec les magnésiens, primitif, isomérisé ou résiduel, donne toujours un mélange à parties sensiblement égales de bornéol et d'isobornéol.

PÉTROGRAPHIE. — *Le problème du diorite et des roches qui lui sont associées dans le massif du Tichka.* Note (¹) de M. HENRI TERMIER et M^{me} GENEVIEVE TERMIER.

Le diorite est très répandu dans le massif du Tichka (²), en particulier au Sud et vers le Centre. Il comprend de nombreuses variétés, différant par leur composition minéralogique, mais passant les unes aux autres, notamment : diorite quartzique micacé (tonalite), diorite à hornblende, diorite augitique (rare). En outre, ces variétés peuvent offrir un grain très gros (jusqu'à 70^{mm}) sans être des pegmatites mais se rapprochant des euphotides, un grain moyen, ou un grain très fin (moins de 0^{mm},5) et ressemblant alors aux microdiorites. On observe aussi des textures porphyroïdes, truitées, doléritiques etc.

Ces roches se présentent soit en taches auréolant les masses de calcaire enclavées dans le granite, soit en bandes alternant plus ou moins régulièrement avec cette dernière roche et les différents termes du *complexe migmatique à biotite et amphibole*. Le terrain prend alors l'aspect zébré que nous avons signalé (²).

Quelle peut être l'origine de ce diorite ? Des six modes de formation théoriques envisagés par Daly (³), nous discuterons les deux suivants qui, seuls, pourraient s'appliquer aux faits considérés : 1° le diorite serait dû à l'intrusion d'un magma originellement dioritique n'ayant subi ni différenciation ni mélange, intrusion antérieure à la mise en place du granite. Cette hypothèse, la première qui vienne à l'esprit, expliquerait le fait que les diorites sont traversées en plusieurs endroits par les apophyses du granite ; mais elle ne rendrait compte ni des transitions du diorite au granite quand celui-ci enrobe des masses calcaires, ni du passage des diorites au complexe migmatique à biotite et amphibole, ni de la disposition zébrée de la région centrale ; 2° le diorite proviendrait de la différenciation d'un magma basaltique. Cette hypothèse nous paraît peu probable parce que les termes plus basiques que le diorite se réduisent pratiquement au gabbro et à la hornblendite, qui, au total, n'affleurent que sur une surface minime. Il faudrait donc admettre que la masse principale de ces termes basiques demeure en profondeur, en dessous des atteintes de l'érosion, particulièrement profondes dans cette partie du Haut-Atlas ; une telle supposition reste gratuite. A ces conceptions nous en ajouterons une autre devenue classique depuis les travaux de A. Lacroix ; les diorites résulteraient de l'endomorphisme du granite par assimilation de sédiments contenant une suffisante proportion de calcaire. Cette hypothèse se

(¹) Séance du 19 février 1945.

(²) H. et G. TERMIER, *C. R. S. Soc. Géologique F.*, 1945.

(³) *Igneous Rocks*, 1933, p. 448.

vérifie dans les parties SW, S et SE du massif, comme nous l'avons déjà dit.

Relativement à la disposition zébrée précédemment décrite, on peut imaginer deux possibilités : 1° le diorite représenterait un niveau calcaire entièrement digéré (cas d'Ait Slimane); 2° le diorite correspondrait à la partie supérieure de la venue granitique, laquelle aurait été fortement modifiée par l'absorption d'un important volume de la roche encaissante. Cette partie supérieure aurait ainsi formé une sorte de coiffe ou de carapace, rendue plus basique que la roche profonde. Une telle interprétation paraît valoir pour le Nord du massif : Akoui n'Timengarine offre en effet, de bas en haut, la coupe suivante : *a.* granite rose; *b.* complexe de granite gris à enclaves surmicacées, de migmatites, de gneiss à biotite et amphibole, de granodiorite et de diorite, recoupé par des apophyses de granite rose; *c.* micaschistes, cornéennes et grenatites du sommet. Dans cette succession, le complexe *b* apparaît comme un ensemble de termes endomorphes, séparant le granite franc des roches exomorphes. Si l'on suppose que diorite et granite se sont *solidifiés* presque en même temps, leur alternance sur une carte résulterait d'une succession de synclinaux et d'anticlinaux décapés par l'érosion : cette façon de voir s'accorde avec ce que l'on observe entre Amendar et Ouaouzaqt, où le diorite forme des synclinaux perchés sur les flancs du ravin principal.

Les filons de *microdiorite* et d'*andésite* sont les plus abondants parmi ceux qui injectent le massif : ils se présentent souvent en apophyses du diorite franc, auquel les relie d'ailleurs une gamme nuancée de types intermédiaires. Cependant, en quelques points, les microdiorites apparaissent en lentilles difficiles à circonscrire dans certains termes du complexe amphibolique dont ils ont, à très peu de chose près, la composition minéralogique; et l'on doit se demander s'ils ne résulteraient pas de mélanges eutectiques, tout au moins de mélanges homogènes nés sur place.

Enfin le *gabbro*, avec ou sans olivine, affleure en de nombreux points, mais toujours *en petits amas subordonnés au diorite* et semblant résulter d'une ségrégation basique de cette roche. Il ne s'injecte pas en filons à la manière des lamprophyres, mais il est lui-même parcouru par des lacis de veines quartzofeldspathiques. S'il y a eu différenciation, elle s'est peut-être produite par gravité, car la densité des gabbros du Tichka varie de 2,9 à plus de 3, alors que celle des diorites se maintient entre 2,78 et 2,87. En définitive, ces gabbros ne paraissent ni primitifs, ni directement endomorphes; ils résulteraient, selon nous, d'une différenciation du diorite, lui-même endomorphe.

GÉOLOGIE. — *Les granites précambriens de l'Antiatlas.*

Note (1) de M. GEORGES CHOUBERT, présentée par M. Charles Jacob.

Chacune des deux grandes séries précambriennes de l'Antiatlas, assimilées à l'Archéen et à l'Algonkien (2), comporte ses granites propres. Leur distinction

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) L. NELTNER, *Notes et Mém. Service des Mines du Maroc*, n° 42, 1938, p. 60.

est souvent difficile par suite de leur composition minéralogique voisine : la plupart d'entre eux sont leucocrates et à deux micas.

Le granite mésocrate le plus répandu est archéen. C'est un granite généralement porphyroïde, à biotite seule ou accompagnée d'amphibole. On le connaît dans toutes les *taches* archéennes de l'Anti-atlas, depuis Bou Azzer, où il fut appelé gabbro pendant longtemps, jusqu'aux montagnes d'Irhrem (Ida ou Zekri). Les massifs principaux sont ceux de la plaine des Zenaga (rive gauche de l'O. Azguemerzi) et du groupe des petites taches d'Agadir Jdid (A. Melloul), Azarar qu'il constitue presque entièrement ⁽³⁾. Ayant subi l'influence du métamorphisme général archéen (intensité de la zone méso), il est souvent orienté ou même transformé en othogneiss cœillé. Il peut donner naissance à des gneiss d'injections ainsi qu'à des zones de multiples filonnets granitiques injectés dans les micaschistes.

Ce granite, *granite d'Azguemerzi*, est traversé par des granites leucocrates à deux micas, qui forment tantôt des massifs importants (Tazenakht), tantôt des zones d'injection. Jusqu'à ces derniers temps, je les considérais comme algonkiens. Or, récemment, j'ai constaté qu'à l'Est de Tazenakht, des conglomérats algonkiens recouvrent en discordance le principal de ces massifs. Ce granite, *granite de Tazenakht*, est connu également à Bou Azzer, El Graara et dans les taches d'Agadir Jdid-Azarar. Il est souvent écrasé et peut, comme le granite d'Azguemerzi, être gneissifié. C'est à cette venue acide qu'il faut attribuer les nombreux filons de pegmatite à tourmaline (Zenaga et Tizi n'Tarhatine ⁽⁴⁾).

J'ai décrit avec L. Neltner ⁽⁵⁾ dans l'Anti-atlas occidental (*tache* de Kerdous) deux granites algonkiens leucocrates différents :

L'un, *granite de Tazeroualt* ou *granite algonkien ancien*, est contemporain du métamorphisme général algonkien, par conséquent sa mise en place s'est effectuée dans un milieu chaud. Il forme des massifs allongés ou des traînées larges de plusieurs kilomètres parallèles à la direction algonkienne (Est-Ouest). De nombreux filons de granite à grain fin ou d'aplite l'accompagnent le long de ses bords. Comme le massif lui-même, ils injectent les schistes parallèlement à leur direction. Le métamorphisme du contact essentiellement thermique est très développé (jusqu'à 4 kilomètres) et comprend les auréoles successives classiques : schistes micacés, à andalousite, noduleux, tachetés. Le granite est syntectonique et son écrasement est souvent très intense. Enfin il est traversé par de nombreux dykes de dolérites et quelques microgranites.

Le deuxième, *granite de Taфраout* (poste de Taфраout des Ammeuln) ou *granite récent*, est post-tectonique et, par conséquent, pratiquement jamais écrasé (sauf selon les principales lignes tectoniques hercyniennes). Sa mise en place est plus récente que le métamorphisme général et s'est donc effectuée

⁽³⁾ L. NELTNER, *loc. cit.*, p. 69.

⁽⁴⁾ L. NELTNER, *loc. cit.*, p. 62.

⁽⁵⁾ *Comptes rendus*, 206, 1938, pp. 1579-1581.

dans un milieu froid : ses massifs coupent les schistes à l'emporte-pièce et y envoient des apophyses qui les recoupent également. Seuls les grands massifs ont une auréole de métamorphisme ne dépassant d'ailleurs jamais 100-200^m (Tahala). Les petits massifs n'en ont point et peuvent même être entourés d'une bordure de granite à grain fin ou de microgranite. Le granite récent est postérieur à la principale venue de dolérites et les filons de ces roches y sont d'extrême rareté.

Les choses sont un peu plus complexes dans le soubassement du Siroua (Nord et Est du volcan) ⁽⁶⁾. On retrouve ici le granite leucocrate post-tectonique. Ses massifs roses caractérisent la région d'Amassine des Khzama. Comme le granite de Tafraout, il n'a pratiquement pas d'auréole de métamorphisme, n'est pas écrasé, ni traversé par les dolérites.

Un autre granite, bien plus développé, est également clair et à deux micas. Il forme le vaste massif de Tamassirt-Asdremit (Aït Tamassine), celui du plateau au Nord d'Arg (Aït Ouaharda), de même que de nombreux massifs et zones d'injection le long du flanc Sud du massif du Siroua. Il n'a que rarement une auréole de métamorphisme important (massif de Tamassirt-Asdremit). Cependant, les dolérites le traversent. De même il est assez souvent écrasé. Mais ses principaux massifs ne sont pas orientés selon la direction algonkienne. Celle-ci est cependant empruntée par les zones d'injections. J'estime quand même qu'il faut y voir le correspondant du granite du Tazeroualt, contemporain du métamorphisme, qui aurait perdu certains de ces caractères par suite de sa mise en place dans un milieu moins chaud : en effet, le degré du métamorphisme algonkien est beaucoup moins intense au Siroua qu'au Tazeroualt.

En plus de ces deux granites principaux leucocrates, il faut en signaler deux autres beaucoup moins développés et plus riches en biotite. L'un d'eux, fortement écrasé et orienté, apparaît sur l'Irhiri chez les Khzama entre Aït Nebdas et Tourtit où il digère une série complexe formée de gabbros et de serpentines. L'autre, franchement mésocrate, est, comme le granite d'Amassine, intact et postérieur aux dolérites. Il forme le soubassement même de l'appareil volcanique du Siroua (gorges du Haut Irhiri).

Dans la petite *tache* algonkienne de Tata on retrouve également deux granites. L'un (*Est de la tache*) est orienté; l'autre a les caractères du granite récent (massif de l'Adad dans le Haut Oued Addis).

D'après les renseignements oraux de P. Rampont les mêmes granites, ancien et récent, se retrouvent dans le Tagragra.

Il en est de même dans le massif précambrien du Drâ inférieur (au Sud d'El Ayoun du Drâ) que j'ai pu traverser rapidement en 1938.

(6) L. NELTNER, *loc. cit.*, p. 75.

GÉOLOGIE. — *Les grès de Serdelès (Fezzan).*

Note (1) de M. NICOLAS MENCHIKOFF, présentée par M. Charles Jacob.

L'âge dévonien des grès de Serdelès est une des notions les plus anciennes de la stratigraphie saharienne. C'est en effet en 1861 que H. Duveyrier recueillit, au voisinage de la grande source de Serdelès, quelques Brachiopodes paléozoïques que de Verneuil (2) détermina, *Chonetes crenulata* Roem et *Spirifer* du groupe de *Sp. ostiolatus* Schloth., indiquant l'âge dévonien moyen du gisement.

Près de trois quarts de siècle plus tard, M. P. Pagani (3) reprit l'étude des fossiles de Serdelès. Il rapprocha le *Spirifer* du *Sp. carinatus* Schnur, dont il distingua deux variétés. D'après lui les couches se placeraient dans le Dévonien inférieur « très probablement à la partie supérieure du Coblencien ».

Peu après, le gisement a été étudié par A. Desio, qui y recolta des faunes décrites par la suite dans un Mémoire de P. Børghi sur les fossiles dévoniens du Fezzan (4). Ce dernier auteur distingue dix espèces à Serdelès et, après une discussion sur la répartition verticale et les affinités des diverses formes, revient à l'idée du Dévonien moyen.

Au cours de ma récente mission au Fezzan et dans la région de Ghat, j'ai pu étudier les environs de Serdelès où, de part et d'autre de la source, affleure une série de niveaux gréseux très fossilifères. Ce qui frappe, c'est l'extrême abondance de *Syringothyris cuspidata* Martin, accompagnés de quelques *Productus* semi-réticulés. On y reconnaît en outre : *Schizophoria* cf. *resupinata* Martin, *Rhipidomella Michelinii*, *Schellkyienella crenistria* Phillips, *Athyris lamellosa* l'Eveille; des *Chonetes*, *Spirifers*, *Rhynchonelles*, *Térébratules*, *Lingules*, *Bellerophons*, ainsi que quelques *Lamellibranches* et *Conulaires*.

Il est difficile de considérer cet ensemble autrement que comme Carbonifère, et plus particulièrement comme Dinantien.

Anticipant sur mes travaux ultérieurs, j'indiquerai que toutes les couches fossilifères mafines, s'étendant des pentes orientales de l'Akakous jusqu'au pied du Messak, appartiennent entièrement au Dinantien. Voilà donc une série qu'à certains moments (5) on a cru s'étendre sur trois systèmes (Dévonien, Carbonifère, Permien) et qui se réduit en réalité à un seul étage.

A 15^h 50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 10^m.

A. Lx.

(1) Séance du 27 décembre 1944.

(2) in H. DUVEYRIER, *Exploration du Sahara*, Paris, 1, 1864, p. 62.

(3) *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, 73, Milano, 1934, p. 254.

(4) *Annali Mus. Libico Storia Nat.*, Tripoli, 1, 1939, p. 115.

(5) A. DESIO, *Bull. Soc. Geol. Ital.*, Rome, 55, 1936, p. 319.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur AUGUSTUS EDWARD HOUGH LOVE,
par M. HENRI VILLAT.

L'Académie vient de perdre un de ses Correspondants pour la Section de Mécanique, M. **AUGUSTUS EDWARD HOUGH LOVE**. Né en 1863 à Weston-super-mare, Love a fait toute sa carrière scientifique à Cambridge et à Oxford. D'abord fellow du Collège Saint-Jean dans la première de ces Universités, il enseigna la philosophie naturelle (c'est-à-dire la Mécanique et la Physique mathématique); à dater de 1898 à l'Université d'Oxford. Depuis 1894 il était membre de la Société Royale de Londres; notre Académie l'avait élu Correspondant en février 1930.

M. Love a été surtout un grand spécialiste de l'Élasticité et des sciences ayant quelque parenté avec celle-ci, comme l'Hydrodynamique, la Géodésie, la Géodynamique. Le nombre de ses publications est très important; si la plupart ont été publiées dans des revues scientifiques anglaises, quelques-unes ont vu le jour dans des périodiques français, tels que le *Mémorial de l'Artillerie Française*. L'un de ses ouvrages les plus connus est son grand *Traité de la Théorie mathématique de l'Élasticité*, volume devenu rapidement classique, et qui est l'un des traités fondamentaux sur ce sujet. Tous les savants qui travaillent autour de la Mécanique des corps déformables ont apprécié le talent incontesté déployé par M. Love dans l'exposé de travaux difficiles; une grande part y est faite aux grands fondateurs : Navier, Poisson, Cauchy, Lamé, Barré de Saint-Venant, Boussinesq, Poincaré, Cosserat; aux travaux desquels Love a ajouté lui-même bien des contributions essentielles.

Parmi les travaux de M. Love, nous tenons à signaler principalement trois d'entre eux, qui ont eu un grand retentissement et qui sont restés à la base de nombreuses recherches ultérieures.

Le premier concerne la théorie dynamique des marées. En 1912, Love a réussi à appliquer au phénomène des marées la méthode de W. Ritz, d'une façon tout à fait originale, qui évite les difficultés de principe que Poincaré

avait signalées comme inhérentes à l'emploi de cette méthode. La caractéristique de ce travail est son extrême élégance, qui permet avec facilité des applications pratiques effectives, chose peu commune en Physique mathématique.

La Géodésie est redevable à Love d'un ensemble de recherches sur la figure de la Terre, la stabilité de sa rotation, et sur la rigidité de sa matière.

Mais nous voulons insister sur son grand travail concernant la constitution physique de la Terre : le sujet avait été proposé en 1911 pour le prix Adams de l'Université de Cambridge, et Love fut désigné comme titulaire de cette célèbre récompense. En admettant l'existence d'une couche terrestre isostatique, il calcule les tensions internes dans les continents et dans les chaînes de montagnes; il aborde le problème général des marées terrestres, et surtout il développe sa magnifique théorie de la propagation des ondes sismiques. Si l'on admet la Terre comme constituée de couches concentriques homogènes, dont la densité peut varier brusquement, Love met en évidence de nouvelles sortes d'ondes sismiques, théoriquement possibles, distinctes des vibrations longitudinales ou transversales classiques des milieux isotropes et distinctes des ondes superficielles de lord Rayleigh. Les résultats contenus dans ce Mémoire sont très importants; ils ont eu immédiatement une notoriété immense dans le monde scientifique, et demeurent à la base des beaux travaux modernes sur la question, travaux parmi lesquels il faut noter ceux de nos compatriotes, M. Cagnard et M. Coulomb.

La renommée de M. Love était mondiale; la science perd en lui un animateur et un savant de premier ordre. Notre Académie, où il n'a sans doute jamais figuré de sa personne, car il était volontiers sédentaire, s'est honorée en lui marquant l'estime toute particulière qu'elle professait pour son noble talent.

M. LÉON GUILLET⁽¹⁾ analyse un Ouvrage allemand paru pendant l'occupation, *Métal*, de SCHENZIGER, traduit par MAURICE VINCENT et ÉDITH VINCENT. Cet Ouvrage semble diminuer systématiquement le rôle de la France dans les grandes découvertes scientifiques.

PLIS CACHETÉS.

M. ANDRÉ KLING demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 28 septembre 1942 et enregistré sous le n° 11858.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Procédé propre à diminuer les risques encourus au cours de l'ouverture et de l'étude d'engins explosifs.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

⁽¹⁾ Séance du 19 février 1945.

CORRESPONDANCE.

M. GODFREY HAROLD HARDY, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse des remerciements à l'Académie.

La SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES, par l'intermédiaire de son Président, M. GEORGES TIERCY, Directeur de l'Observatoire de Genève, adresse à l'Académie le volume 5, première série, des *Œuvres d'Euler*, afin de marquer son désir de reprendre le plus rapidement possible ses relations amicales et traditionnelles avec les Savants français.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la covariance d'une fonction aléatoire.*

Note de M. MICHEL LOÈVE, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note sur les lois limites ⁽¹⁾, nous avons introduit des fonctions aléatoires (f. a.) définies par des séries entières à coefficients aléatoires. L'étude de ces f. a. analytiques nous avait conduit à comparer systématiquement les propriétés d'une f. a. $X(\alpha)$ (ou X_α), d'un paramètre réel α variant sur un certain ensemble donné, aux propriétés de sa corrélation ou, plus généralement, de sa « covariance ». Nous énonçons ici certains résultats relatifs aux propriétés de X_α en moyenne quadratique (m. q.); nous supposons que, sauf mention contraire, les expressions écrites dans la suite existent (et sont finies) et, pour simplifier l'écriture, nous posons $\mathfrak{M}(X_\alpha) = 0$.

I. La covariance de X_α sera la fonction symétrique des variables α et β , définie par

$$C(\alpha, \beta) = \mathfrak{M}(X_\alpha X_\beta).$$

1° La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction symétrique $C(\alpha, \beta)$ de deux variables réelles soit la covariance d'une f. a. est que, pour des U_α et U_β réels quelconques et tout ensemble fini de valeurs de α (et β), on ait

$$Q(u) = \sum_{\alpha, \beta} C(\alpha, \beta) U_\alpha U_\beta \geq 0.$$

2° La somme et le produit de deux covariances est une covariance ⁽²⁾.

$\frac{\partial^{2m}}{\partial \alpha^m \partial \beta^m} C(\alpha, \beta)$, $\int_a^t \int_a^s C(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$ sont des covariances.

II. 1° Lorsque $X_n(\alpha) \rightarrow X(\alpha)$ en m. q., alors $C_n(\alpha, \beta) \rightarrow C(\alpha, \beta)$.

2° Pour qu'une f. a. soit continue en m. q., il faut et il suffit que sa covariance soit continue pour les mêmes valeurs du paramètre.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 202.

⁽²⁾ Le résultat relatif au produit contient un théorème de Schur sur les formes quadratiques (*J. für Math.*, 140, 1911, p. 140).

On dit que la dérivée X'_α , en m. q., existe, pour la valeur de α considérée, si $[(X_{\alpha+h} - X_\alpha)/h] \rightarrow X'_\alpha$, en m. q., lorsque $h \rightarrow 0$.

3° Lorsque $C(\alpha, \beta)$ possède des dérivées continues des deux premiers ordres, X'_α existe et est continue, en m. q., et sa covariance est donnée par $(\partial^2/\partial\alpha\partial\beta)C(\alpha, \beta)$. D'une façon générale, si $X_\alpha^{(m)}$ désigne la dérivée $m^{\text{ième}}$, en m. q., de X_α , on a, sous des hypothèses analogues,

$$\mathfrak{N}(X_\alpha^{(m)} X_\beta^{(n)}) = \frac{\partial^{m+n}}{\partial\alpha^m \partial\beta^n} C(\alpha, \beta).$$

4° Pour que X_α soit développable en série de Taylor, en m. q., il faut et il suffit qu'il en soit ainsi de $C(\alpha, \beta)$.

La série qui représente X_α est dérivable, en m. q., terme à terme, dans son intervalle de convergence (en m. q.).

5° Pour que les dérivées de X_α soient mutuellement indépendantes en moyenne [$\mathfrak{N}(X_\alpha^{(m)} X_\beta^{(n)}) = 0$ si $m \neq n$], il faut et il suffit que $C(\alpha, \beta)$ soit une fonction $D(\alpha\beta)$ du produit $\alpha\beta$. Les dérivées de $D(u)$, pour $u = 0$, sont non négatives et, réciproquement, s'il en est ainsi, $D(\alpha\beta)$ est une covariance.

III. On définira l'intégrale, en m. q., de X_α , dans un intervalle fini (a, t) , comme limite, en m. q., de sommes riemanniennes.

1° Lorsque $C(\alpha, \beta)$ est continue dans (a, t) , $I_{a,t} = \int_a^t X_\alpha d\alpha$ existe, en m. q., et sa covariance est donnée par $\int_a^t \int_a^v C(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$.

De plus $dI_{a,t}/dt = X_t$, en m. q.

2° Pour que $\int_a^\infty X_\alpha d\alpha$ existe, en m. q., il faut et il suffit que $\int_a^\infty \int_a^\infty C(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$ existe.

3° Pour que $Z = \lim_{t \rightarrow \infty} \text{en m. q. } \frac{1}{f(t)} \int_a^t X_\alpha d\alpha$ existe (forme généralisée de la loi des grands nombres), il faut et il suffit que limite $\frac{1}{f(t)f(t')} \int_a^t \int_a^{t'} C(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$ existe.

De plus

$$\mathfrak{N}(X_\alpha Z) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{f(t)} \int_a^t C(\alpha, \beta) d\beta,$$

$$\mathfrak{N}(I_{a,t} Z) = \lim_{t' \rightarrow \infty} \frac{1}{f(t')} \int_a^t \int_a^{t'} C(\alpha, \beta) d\alpha d\beta.$$

Généralisation. — L'ensemble de résultats énoncés s'étend aux f. a. à valeurs complexes dont la covariance sera définie par la fonction hermitienne des variables réelles α et β

$$C(\alpha, \beta) = \mathfrak{N}(X_\alpha \overline{X_\beta}).$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur les propriétés de dérivabilité relatives à certains systèmes triples orthogonaux.* Note de M. GEORGES LLENSA, présentée par M. Élie Cartan.

Nous dirons qu'une famille (λ) de surfaces à un paramètre λ , représentée en axes rectangulaires par $f(x, y, z) = \lambda$, est une *intégrale paratingente* d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre (E) si : 1° $f(x, y, z)$ est intégrale de (E); 2° chaque surface est pourvue d'un plan tangent variant continûment avec le point de contact; 3° $f(x, y, z)$ possède un gradient fonction continue de son origine ⁽¹⁾. On définit par trois conditions analogues les intégrales paratingentes d'un système d'équations simultanées du premier ordre.

Soient $O(u)$ et $R(u)$, fonctions continues de u , le centre et le rayon d'une sphère $S(u)$. Désignons par F_1 la famille des surfaces de niveau d'une intégrale paratingente quelconque de l'équation ⁽²⁾

$$(1) \quad (\overline{MO}^2 - R^2)^2 \overline{\text{grad}}^2 u = 1,$$

et par famille F_2 toute famille F_1 obtenue à partir de trois fonctions u, v, w , fournissant une intégrale paratingente du système

$$(2) \quad \overrightarrow{\text{grad}} v \cdot \overrightarrow{\text{grad}} w = \overrightarrow{\text{grad}} w \cdot \overrightarrow{\text{grad}} u = \overrightarrow{\text{grad}} u \cdot \overrightarrow{\text{grad}} v = 0.$$

Soient (u) une famille de surfaces F_1 , (u_0) une surface de la famille, M_0 un point de (u_0) . Il existe une famille F_2 de sphères, soit $s(u)$, telle que $s(u_0)$ se réduise à la sphère de rayon nul et de centre M_0 . Lorsque M_0 se déplace sur (u_0) , la sphère $s(u)$ reste tangente à la surface (u) . Cela posé, et m'appuyant sur le fait que cette correspondance (u_0, u) conserve, pour $u - u_0$ assez faible, les positions relatives de deux sphères tangentes, j'établis qu'il existe un nombre positif r tel que (u_0) , supposée disjointe de $S(u_0)$, est extérieure à toute sphère de rayon r qui lui soit tangente. La réciproque s'établit aisément. D'où cet énoncé ⁽³⁾ :

THÉORÈME I. — *Pour qu'une surface (u_0) , disjointe de $S(u_0)$, appartienne à une famille F_1 , il faut et il suffit qu'elle soit à courbures bornées.*

La propriété des surfaces (u) d'être enveloppes des sphères $s(u)$ permet

⁽¹⁾ Au sujet de la notion d'intégrale paratingente, voir LAINÉ, *Précis d'Analyse*, II, Note XII, pp. 354-358, et aussi G. BOULIGAND, *Revue Scientifique*, 82^e année, fasc. 1, janvier 1944, p. 10.

⁽²⁾ Voir G. LLENSA, *Bull. Sc. math.*, 2^e série, 65, 1941, pp. 225-250.

⁽³⁾ Des considérations analogues se présentent déjà pour l'étude de certains systèmes orthogonaux du plan. En introduisant la notion d'intégrale paratingente d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre, M. G. Bouligand a fait remarquer que l'existence, pour $p^2 + q^2 = 1$, d'une intégrale paratingente passant par un arc du plan $z = 0$ exige que cet arc soit à courbure bornée. Voir *Bull. Sc. math.*, 2^e série, 60, 1936, pp. 211-213.

d'obtenir un énoncé analogue pour les familles F_2 . Le centre ω et le rayon ρ de $s(u)$ sont donnés par un système d'équations différentielles dont les seconds membres sont analytiques par rapport à ρ et aux coordonnées de ω . Donc ρ et ω sont dérivables par rapport aux conditions initiales. De sorte que, M décrivant la surface (u) , il y a dérivabilité de M et de ω par rapport à ν et ϖ .

Comme $\overrightarrow{\omega M}$ est normal à (u) , le vecteur unitaire de cette normale est donc dérivable par rapport à ν et ϖ , ce qui conduit à cette seconde proposition :

THEOREME II. — *Pour qu'une surface (u_0) , disjointe de $S(u_0)$, appartienne à une famille F_2 , il faut et il suffit qu'elle possède des dérivées secondes continues [sans préjugé de ce qui se passe pour (ν) et (ϖ)].*

La démonstration détaillée de ces résultats sera donnée dans une publication ultérieure.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — Contribution à la théorie de la surface portante.

Note (1) de M. JEAN LEGRAS, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Les hypothèses simplificatrices qui conduisent à la théorie de la surface portante amènent à considérer un potentiel des vitesses $U[x + \Phi(x, y, z)]$; $\Phi(x, y, z)$ étant le potentiel d'une double couche étendue sur Σ (forme en plan de l'aile), de densité $1/4\pi[\Gamma(x, y)]$, et d'une double couche étendue sur Σ' (nappe tourbillonnaire), de densité $1/4\pi[\Gamma(y)]$, soit

$$\Phi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \frac{\Gamma(\xi, \eta)}{r^3} d\sigma + \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma'} \frac{\Gamma(\eta)}{r^3} d\sigma \quad \text{avec } r^2 \equiv (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + z^2.$$

La fonction $\Phi(x, y, z)$ tend vers $\pm 1/2[\Gamma(x, y)]$, alors que $z \rightarrow \pm 0$; $\Gamma(y)$ représente la valeur de $\Gamma(x, y)$ au bord de fuite, et par suite la circulation autour de chaque profil, c'est-à-dire de chaque section de la surface portante par des plans parallèles à xOy .

On doit remplir la condition

$$(1) \quad \left\{ \frac{\partial \Phi}{\partial z}(x, y, z) \right\}_{z \rightarrow 0} = -g(x, y),$$

qui exprime, avec les approximations admises, que la vitesse est en chaque point tangente à la surface portante; l'incidence $g(x, y)$ représente l'angle avec Ox de la tangente au profil en chaque point.

La formule

$$\int \Gamma(\xi, \eta) \left\{ \alpha \frac{\partial H}{\partial \xi} + \beta \frac{\partial H}{\partial \eta} \right\} ds = \iint \left\{ \Gamma(\xi, \eta) \left(\frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial \eta^2} \right) + \frac{\partial \Gamma}{\partial \xi} \frac{\partial H}{\partial \xi} + \frac{\partial \Gamma}{\partial \eta} \frac{\partial H}{\partial \eta} \right\} d\sigma,$$

(1) Séance du 26 février 1945.

appliquée à Σ et à son contour, puis à Σ' et à son contour, montre que

$$\Phi(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \left\{ \frac{\partial \Gamma}{\partial \xi}(\xi, \eta) \frac{\partial H}{\partial \xi} + \frac{\partial \Gamma}{\partial \eta}(\xi, \eta) \frac{\partial H}{\partial \eta} \right\} d\sigma + \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma'} \frac{d\Gamma(\eta)}{d\eta} \frac{\partial H}{\partial \eta} d\sigma,$$

sous les conditions que $H(x, y, z; \xi, \eta)$ vérifie $\partial^2 H / \partial \xi^2 + \partial^2 H / \partial \eta^2 = -z/r^3$ et que $|\partial H / \partial \xi|$ tende vers zéro avec $1/\xi$. Le calcul de $\partial \Phi / \partial z$ pour une solution particulière, puis un passage à la limite conduisent à

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)_{z \rightarrow 0} = -\frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \left\{ \frac{\partial \Gamma}{\partial \xi}(\xi, \eta) \frac{x-\xi}{\rho^3} + \frac{\partial \Gamma}{\partial \eta}(\xi, \eta) \frac{y-\eta}{\rho^3} \right\} d\sigma - \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma'} \frac{d\Gamma(\eta)}{d\eta} \frac{y-\eta}{\rho^3} d\sigma,$$

avec $\rho^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2$, et où chaque intégrale doit être prise en partie principale lorsque (x, y) est intérieur soit à Σ , soit à Σ' .

2. Rappelons d'autre part que traînée et portance sont

$$F_x = \rho U^2 \iint_{\Sigma} \frac{\partial \Gamma}{\partial x} g(x, y) dx dy \quad \text{et} \quad F_z = \rho U^2 \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \Gamma(y) dy,$$

Des transformations dont le détail sera donné ailleurs permettent d'écrire

$$F_x = -\frac{\rho U^2}{4\pi} \iint_{\Sigma'} \frac{d\Gamma(y)}{dy} dx dy \iint_{\Sigma} \left[\frac{\partial \Gamma(\xi, \eta)}{\partial \xi} \frac{y-\eta}{\rho^3} - \frac{\partial \Gamma(\xi, \eta)}{\partial \eta} \frac{x-\xi}{\rho^3} \right] d\sigma$$

ou encore

$$F_x = -\frac{\rho U^2}{4\pi} \iint_{\Sigma'} \frac{d\Gamma(y)}{dy} dx dy \int_{C_1} \Gamma(s) \frac{ds}{ds} \left(\frac{1}{\rho} \right) ds,$$

où C_1 est le bord de fuite

Cette formule montre que la traînée, ainsi que la portance, ne dépend que de la circulation $\Gamma(y)$ et du bord de fuite. En particulier F_x et F_z sont nuls dans le cas du mouvement irrotationnel, résultat qui justifie les approximations faites.

Le cas particulier du bord de fuite rectiligne, normal à ox , conduit à

$$F_x = -\rho U^2 \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \Gamma(\eta) d\eta \times \frac{1}{4\pi} \int_{-\frac{b}{2}}^{+\frac{b}{2}} \frac{d\Gamma(y)}{y-\eta},$$

où nous reconnaissons une traînée égale à la traînée du segment portant de même répartition de circulation.

3. L'étude de l'équation (1) peut être envisagée de la façon suivante :

Supposons d'abord la fonction $\Gamma(y)$ connue, et posons

$$\Gamma(x, y) = \Gamma_0(x, y) + \Gamma_1(x, y);$$

[$\Gamma_1(x, y)$ est une fonction arbitraire, nulle au bord d'attaque, et qui en chaque point du bord de fuite vaut $\Gamma(y)$, de sorte que $\Gamma_0(x, y)$ est nulle sur le

contour de la surface portante]. L'équation (1) s'écrit

$$(2) \quad -\frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \left(\frac{\partial \Gamma_0}{\partial \xi} \frac{x-\xi}{\rho^3} + \frac{\partial \Gamma_0}{\partial \eta} \frac{y-\eta}{\rho^3} \right) d\sigma = -g(x, y) - g_1(x, y),$$

avec

$$g_1(x, y) = -\frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \left(\frac{\partial \Gamma_1}{\partial \xi} \frac{x-\xi}{\rho^3} + \frac{\partial \Gamma_1}{\partial \eta} \frac{y-\eta}{\rho^3} \right) d\sigma - \frac{1}{4\pi} \iint_{\Sigma} \frac{d\Gamma}{d\eta} \frac{y-\eta}{\rho^3} d\sigma$$

et correspond au mouvement irrotationnel (circulation nulle pour chaque section; pas de nappe tourbillonnaire Σ') pour une loi des incidences $g(x, y) + g_1(x, y)$ parfaitement connue dès que $\Gamma_1(x, y)$ est choisie. On montre que la valeur de $\Gamma(x, y)$ ainsi obtenue est indépendante du choix de $\Gamma_1(x, y)$. Elle dépend bien entendu de celui de $\Gamma(y)$.

Mais les mouvements obtenus ne sont physiquement acceptables que s'ils réalisent des vitesses finies au bord de fuite. C'est cette condition qui permet la détermination de $\Gamma(y)$.

Le problème général se trouve ainsi décomposé comme il suit :

a. Étude du mouvement irrotationnel pour une loi d'incidence quelconque, et en particulier étude de $\partial \Gamma_0 / \partial x$ au bord de fuite.

b. Choix de la loi de circulation $\Gamma(y)$ pour obtenir des vitesses finies au bord de fuite, c'est-à-dire des valeurs $\partial / \partial x [\Gamma_0(x, y) + \Gamma_1(x, y)]$ finies au bord de fuite.

Une application de cette décomposition est l'existence pour toute valeur de $\Gamma(y)$ de solutions de l'équation (1) sans second membre, c'est-à-dire de potentiels Φ , dont la dérivée normale est nulle sur Σ . Ceci fait que tout potentiel Φ est somme d'un potentiel Φ_0 correspondant à un mouvement sans nappe tourbillonnaire, et d'un potentiel Φ_1 qui dépend de la fonction $\Gamma(y)$, à priori arbitraire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie relativiste du nucléon et l'interprétation du spin isotopique.* Note ⁽¹⁾ de M^{lle} JEANNINE VIARD.

J.-L. Destouches ⁽²⁾ et R. Murard ⁽³⁾ ont cherché à donner une signification physique à la notion de spin isotopique en essayant de rattacher les opérateurs τ_x , τ_y , τ_z , composantes du spin isotopique, aux opérateurs de l'anneau fondamental du nucléon.

R. Murard a proposé deux théories particulières successives; pour pouvoir reconnaître si de telles interprétations sont acceptables, c'est-à-dire pour distinguer si le spin isotopique a une signification physique ou seulement une signification purement formelle; ou, plus exactement, pour examiner si le spin

⁽¹⁾ Séance du 9 octobre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 575.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 577. Une seconde Note a été reçue le 17 juillet 1944.

isotopique est lié à des conditions d'invariance relativiste, il faut prendre la question en sens inverse de celui des auteurs cités.

Nous partirons des propriétés du nucléon et nous examinerons si les opérateurs de son anneau fondamental s'expriment en fonction des opérateurs de spin isotopique. Si les opérateurs de spin isotopique interviennent explicitement dans les expressions des opérateurs fondamentaux du nucléon, c'est que le spin isotopique a une signification physique; sinon il est en dehors de l'anneau fondamental.

Nous supposons que le nucléon est un corpuscule soumis aux conditions suivantes :

- 1° c'est un corpuscule à masse double et de spin 1/2;
- 2° il se présente sous deux états de charge électrique, un état chargé et un état non chargé (état proton et état neutron) associés chacun à une valeur de la masse.

L'opérateur τ_z est défini de telle façon que, si le nucléon est placé dans un champ électrique, l'opérateur des actions extérieures est de la forme

$$\mathbf{A} = \frac{e}{2} (\mathbf{1} + \tau_z) \mathbf{D},$$

où \mathbf{D} est un opérateur indépendant des composantes du spin isotopique. D'après la condition 2° les valeurs propres de τ_z sont $+1$ et -1 , et cet opérateur est diagonal en même temps que l'opérateur de masse \mathbf{M} , qui prend la forme

$$\mathbf{M} = \frac{m_+ + m_0}{2} \mathbf{1} + \frac{m_+ - m_0}{2} \tau_z.$$

On peut alors considérer l'anneau de masse formé par les matrices de rang 2; cet anneau aura pour générateurs outre $\mathbf{1}$ et τ_z les opérateurs τ_x et τ_y représentés par les autres matrices de Pauli.

3° dans un champ extérieur les opérateurs de l'anneau fondamental du nucléon sont les mêmes qu'en l'absence de champ;

4° les opérateurs τ_x , τ_y , τ_z sont des intégrales premières du mouvement sans champ;

5° les opérateurs de l'anneau fondamental forment avec les opérateurs τ_x , τ_y , τ_z un système de base complet.

A côté des générateurs de l'anneau fondamental, les opérateurs qui interviennent dans le système fondamental lié au nucléon sont les opérateurs \mathbf{T}_i , \mathbf{T}_i , \mathbf{T}_{ij} ^(*), qui sont de la forme

$$\mathbf{T}_i^+ = \frac{1}{2} (\mathbf{B}_i + \mathbf{A}_i); \quad \mathbf{T}_i = \frac{1}{2} (\mathbf{B}_i - \mathbf{A}_i); \quad \mathbf{T}_{ij} = \frac{1}{2} \mathbf{A}_i \mathbf{A}_j + \theta_{ij}.$$

L'hypothèse que le nucléon est un corpuscule à masse double et de spin 1/2

(*) J.-L. DESTOUCHES, *Principes fondamentaux de Physique théorique*, III, Paris, 1942.

entraîne pour les opérateurs \mathbf{B}_i et θ_{ij} des formes particulières

$$\mathbf{B}_i = b_0^i + b_{0z}^i \tau_z, \quad \theta_{ij} = t_0^{ij} + t_{0z}^{ij} \tau_z.$$

Les hypothèses faites n'imposent pas d'autres limitations aux opérateurs \mathbf{B}_i et θ_{ij} , dans lesquels les quatre constantes b_0^i , b_{0z}^i , t_0^{ij} , t_{0z}^{ij} restent arbitraires. Si les opérateurs θ_{ij} et \mathbf{B}_i , et, par suite, les opérateurs \mathbf{T}_{ij} , \mathbf{T}_i , \mathbf{T}_i^+ , peuvent être précisés davantage, ce n'est que par des hypothèses supplémentaires, par exemple en fixant la forme de l'opérateur d'interaction entre deux nucléons, ou bien en tenant compte des équations de structure du groupe de Lorentz, comme le fait R. Murard; dans ce cas on a simplement

$$\theta_{ij} = 0, \quad \mathbf{B}_i = 0.$$

On voit donc que seule la composante τ_z du spin isotopique peut être liée aux conditions d'invariance relativiste et à la masse double; les deux autres composantes étant introduites de façon formelle pour compléter l'anneau de masse.

De plus la théorie que nous proposons ici présente l'avantage de fournir automatiquement une décomposition du champ extérieur en quatre termes : un invariant, un pseudo-invariant, un tenseur antisymétrique du second ordre et un quadrivecteur.

Conclusion. — A partir de la description des propriétés fondamentales du nucléon en termes algébriques, nous arrivons au même résultat que J.-L. Destouches et R. Murard : *les opérateurs de spin isotopique sont liés à l'anneau de masse*; c'est la masse double qui introduit la décomposition de l'anneau fondamental du nucléon en l'anneau des α et en un anneau de masse isomorphe à l'anneau des matrices de rang 2. Les composantes du spin isotopique et l'unité sont les générateurs de cet anneau. Le spin isotopique est donc à rattacher à la masse et non à la charge; mais à chaque valeur de la masse correspond une valeur de la charge. Cette théorie du nucléon, fondée sur la théorie générale des corpuscules de J.-L. Destouches et sur des conditions d'invariance relativiste, ne fixe pas les valeurs des masses m_p du proton et m_n du neutron, mais elle permet de montrer qu'elles doivent être différentes l'une de l'autre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie des forces nucléaires.*

Note ⁽¹⁾ de M. JEAN-LOUIS DESTOUCHES.

Les théories purement mésoniques des forces nucléaires ne parviennent pas à surmonter toutes les difficultés et à s'accorder avec l'ensemble des résultats expérimentaux. Une théorie satisfaisante des forces nucléaires doit en effet :

⁽¹⁾ Séance du 18 septembre 1944.

1° s'accorder avec les résultats connus sur le deutéron, sur l'hydrogène 3 et l'hélium 3, sur la diffusion des protons par les protons et des nucléons par les noyaux; 2° ne pas comporter d'expressions divergentes; 3° fournir une explication du rayonnement β et permettre de retrouver la forme exacte des spectres expérimentaux; 4° satisfaire au principe de relativité.

Envisageons d'abord cette dernière condition; elle exige qu'on utilise une mécanique relativiste des systèmes de corpuscules. Nous avons autrefois posé les bases d'une telle mécanique ⁽²⁾ et avons montré ⁽³⁾ que dans cette mécanique il existait des interactions directes entre corpuscules s'exprimant par un opérateur contenant une fonction entière de la distance, pratiquement nulle au delà d'une certaine distance, qu'on peut poser égale au rayon de l'électron. A la suite des Notes de M. R. Murard ⁽⁴⁾, de M^{lle} Jeannine Viard ⁽⁵⁾ et de moi-même ⁽⁶⁾, le spin isotopique s'est trouvé rattaché à l'anneau fondamental, d'où l'équation d'ondes d'un système contenant des nucléons; l'opérateur d'interaction directe entre deux nucléons se détermine aisément par invariance relativiste. Ces *interactions directes* entre nucléons doivent former une partie importante des forces nucléaires. Comme elles s'expriment par des fonctions entières de la distance qui tendent rapidement vers zéro quand la distance croît, elles n'entraînent aucune divergence. En outre on démontre que, pour un système de deux corpuscules (deux nucléons), il ne peut exister de fonctions d'ondes ayant la symétrie sphérique; par suite le deutéron possède un moment quadrupolaire non nul.

Les interactions directes ne peuvent suffire à expliquer les forces nucléaires; elles peuvent tout au plus expliquer les mêmes phénomènes que la théorie neutre de M. Bethe; elles ne permettent pas de rendre compte de la radioactivité β . Il est alors nécessaire d'envisager des forces mésoniques résultant d'échanges de mésons entre les nucléons, mais cette fois le couplage entre un méson émis ou absorbé et un nucléon est dû à des actions directes au sens de la mécanique ondulatoire relativiste des systèmes qui s'expriment par des fonctions entières de la distance du méson au nucléon considérés; de ce fait il n'y a pas d'expressions divergentes et en même temps les exigences relativistes sont satisfaites. Seules les forces mésoniques interviennent dans la théorie des rayons β . Comme les conditions d'invariance relativiste déterminent les interactions à des constantes multiplicatives près, on peut les ajuster de façon à rendre compte à la fois des spectres β et des intensités des forces nucléaires. Les actions directes provoquent des diffusions plus faibles que les actions méso-

⁽²⁾ *Journ. de Phys.*, 8, 1937, pp. 145 et 251; *Principes fondamentaux de Physique théorique*, Paris, 1942.

⁽³⁾ J.-L. DESTOUCHES et SERGE SLANSKY, *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 472-474.

⁽⁴⁾ Citées par M^{lle} Viard, page 300.

⁽⁵⁾ Voir ci-dessus page 300.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 575.

niques. Les forces nucléaires étant divisées en actions directes et en actions mésoniques, il en résulte que les sections efficaces de diffusion seront plus faibles que celles fournies par les théories purement mésoniques, et un meilleur accord avec les résultats expérimentaux semble pouvoir ainsi être obtenu.

D'après des remarques de M. W. Heisenberg ^(*), il faudrait renoncer au principe de superposition des forces pour expliquer certains résultats sur les noyaux légers : outre la superposition des interactions des nucléons deux à deux, il y aurait des interactions globales. On peut montrer qu'en mécanique ondulatoire relativiste des systèmes il peut exister des interactions globales directes entre les corpuscules (ici des nucléons) satisfaisant à la condition d'invariance relativiste au sens de cette mécanique. Ces interactions globales directes suffisent pour s'accorder avec les résultats expérimentaux, notamment sur l'hydrogène 3 et l'hélium 3, et il n'y a pas besoin de faire intervenir des interactions globales mésoniques plus difficiles à concevoir.

Un système de quatre mésons, traité par la mécanique relativiste des systèmes, paraît avoir une certaine stabilité avec une charge résultante $-e$ ou $+e$ ou 0 , et ceci pourrait peut-être expliquer l'existence de la particule nouvelle de M. Leprince-Ringuet.

La théorie relativiste des systèmes de corpuscules envisagée ci-dessus ne peut expliquer tous les phénomènes provoqués par le choc d'une particule de grande énergie contre un noyau, car il faudrait une théorie dépassant les théories relativistes, qui sont fondées sur la possibilité d'émission et de réception de signaux infiniment brefs, qui sont en fait irréalisables; il faudrait tenir compte d'incertitudes sur les dates d'émission et de réception des signaux; ceci serait relié au rayon de l'électron. Dans une telle théorie, il n'y aurait pas invariance par rapport aux transformations de Lorentz, mais par rapport à des transformations d'un type nouveau.

Conclusion. — Si l'on assimile un noyau à un système de nucléons obéissant à la mécanique ondulatoire relativiste des systèmes, on est conduit à admettre que les forces nucléaires sont de trois types : 1° actions directes des nucléons 2 à 2 qui dépendent de leur distance par une fonction entière; il en résulte l'existence d'un moment quadrupolaire pour le deutéron; 2° actions mésoniques entre les nucléons 2 à 2 dues à des échanges de mésons, fonction en e^{-kr}/r de la distance des nucléons, les interactions entre nucléon et méson étant des actions directes fonction entière de la distance méson-nucléon; 3° actions directes globales des nucléons 3 à 3, 4 à 4, ..., n à n , dans les noyaux comprenant n nucléons. Seules les actions mésoniques interviennent pour expliquer la radioactivité β .

(*) W. HEISENBERG, *Vorträge über kosmische Strahlung*, Leipzig, 1941.

PHYSIQUE. — *Le problème de la dessiccation de grandes masses d'air pour l'essai en altitude des moteurs d'avions.* Note ⁽¹⁾ de M. GEORGE-F. JAUBERT, présentée par M. Albert Caquot.

Les progrès de la navigation aérienne en altitude ont entraîné des modifications profondes dans la technique des moteurs d'avions. La haute altitude à laquelle ces machines doivent fonctionner implique la nécessité absolue de les essayer en usine dans leurs conditions normales d'utilisation, c'est-à-dire en alimentant le carburateur avec de l'air rigoureusement sec et à la température de -60°C. , et en faisant échapper le moteur dans un vide partiel.

Pour assurer la dessiccation de ces énormes masses d'air, de manière à ne pas avoir de givre venant obstruer le carburateur, c'est-à-dire de point de rosée à -60° , nous avons proposé l'emploi du carbagel. Le carbagel est du chlorure de calcium anhydre, mis sous la forme colloïdale et dissimulé dans un support poreux, formé par un charbon spécial, complètement dégazé à la température du four électrique. Dès que le carbagel est mis en présence de vapeur d'eau, il l'absorbe, abandonne sa forme colloïdale et donne lieu à la formation de produits cristallisés solides à 1, 2, 4, 6^{mol} d'eau, produits dont les tensions de vapeur sont très basses, d'où le grand pouvoir desséchant du carbagel.

Voici les résultats qui ont été obtenus avec une installation, réglée pour des altitudes de 6000, 10600 et 15000^m.

Conditions sur le banc d'essai correspondant à une altitude de (m)...	6000	10600	15000
Poids d'air aspiré à 25°C. , saturé à 80 % de vapeur d'eau (kg/h).....	5348	5348	4450
Pression à la bride de refoulement (at/ab).....	3,50	3,00	2,00
Puissance absorbée sur l'arbre (kw).....	315	270	130
Température de l'air séché à la bride d'entrée de la turbine ($^{\circ}\text{C.}$).....	35	35	35
Température à la bride d'échappement ($^{\circ}\text{C.}$).....	-32	-60	-60
Puissance récupérée sur l'arbre de la turbine (kw).....	125	140	130

Voici d'autre part les chiffres relatifs à la déshydratation de l'air, tels qu'ils ont été relevés au cours des essais ci-dessus : pression barométrique 749^{mm}; thermomètre sec $26^{\circ},5$; thermomètre humide $10^{\circ},6$.

Le degré de siccité auquel ces chiffres correspondent est beaucoup trop élevé pour être trouvé dans les tables psychrométriques ordinaires; pour le calculer, il faut employer la formule de l'Office National Météorologique

(¹) Séance du 5 février 1945.

$F = F' - AH(t - t')$, formule dans laquelle F est la tension de la vapeur que l'on désire connaître, F' est la tension à saturation de l'air pour la température t , A est un coefficient fixé à 0,0008, H est la hauteur barométrique, et t et t' les températures données par les thermomètres sec et humide. En exécutant le calcul au moyen de ces chiffres, on trouve une tension de 0^{mm},013, calculée en millimètres de mercure, ce qui représente, d'après Juhlin et Marvin, la tension de la vapeur d'eau à -50°C ., ce qui correspond bien du reste à la réalité, car on n'observe aucune formation de givre à l'échappement de la turbine.

Pour les bancs d'essais pour monocylindres, où il est nécessaire de sécher l'air à la pression atmosphérique, nous avons pu, grâce à un matériel destiné à la Gare frigorifique d'Avignon, procéder à des essais concluants. Il s'agissait de déterminer quel degré de dessiccation on pouvait obtenir en faisant passer 1000 m³/h d'air humide au travers d'une couche de carbagel, présentant une surface de 1^m et une épaisseur de 0^m,33, soit 333 litres de carbagel à la granulation 2/4.

Un appareil réduit au dixième, avec moto-ventilateur soufflant 100 m³/h, et caisson cubique de 0^m,33 de côté, contenant 33,33 de carbagel, granulation 2/4, comportant également un anémomètre, pour la mesure du débit, un psychromètre à l'entrée, et un autre à la sortie complétaient l'installation. Voici les résultats obtenus :

Pression atmosphérique au moment de l'essai (mm).....	710.
Température de l'air ambiant (°C.).....	11,3
Degré hygrométrique déterminé au psychromètre à l'entrée de l'air dans l'appareil (%).....	77,5
Débit du ventilateur mesuré à l'anémomètre (m ³ /h).....	100
Température relevée au thermomètre sec à la sortie de l'appareil (°C.).....	31,6
Température relevée au thermomètre humide à la sortie de l'appareil (°C.).....	12,6

En introduisant ces chiffres dans la formule du calcul de la tension de vapeur donnée ci-dessus, on trouve une tension de vapeur, dans l'air ainsi desséché, de 0^{mm},09, qui est naturellement sensiblement plus élevée que celle trouvée précédemment pour l'air séché sous la pression de 3,5 atm. abs.

Quoi qu'il en soit, on voit que la tension de la vapeur d'eau restante dans de l'air séché au moyen du carbagel, à la pression atmosphérique, correspond à la tension de la vapeur d'eau vers -40° à -45°C . En effet, d'après Juhlin et Marvin, la tension de la vapeur d'eau à -45° est de 0^{mm},06 et à -40° de 0^{mm},10. Par contre, dans la dessiccation sous pression, le carbagel permet de descendre à -60° et même -70°C . sans givrage.

ELECTROSTATIQUE. — *Sur le mécanisme d'amorçage des étincelles.*

Note de M. STANISLAS TESZNER, présentée par M. Camille Gutton.

La présente Note a pour but d'apporter une contribution à l'explication du mécanisme de la formation des étincelles, mécanisme encore très controversé.

La théorie de Townsend, valable dans ses grandes lignes, conduit à des durées d'amorçage de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-6} s au moins, durées comptées entre l'instant où la tension minimum d'amorçage est appliquée à l'éclateur et celui où un courant de quelques milliampères, appréciable à l'oscillogramme, commence à passer. Or des temps de l'ordre de 10^{-8} s seulement sont observés par de nombreux chercheurs et par nous-même.

Pour expliquer cette contradiction entre la théorie et l'expérience, W. Rogowski ⁽¹⁾ a fait intervenir les charges d'espace positives qui provoquent des concentrations du champ, accroissant ainsi la force vive des électrons et accélérant le développement des avalanches électroniques successives. Cependant ce mécanisme ne joue pas pour la première avalanche, dont la propulsion serait, au contraire, retardée par le champ inverse des charges d'espace. Or le temps de passage de cette avalanche serait déjà, pour des intervalles entre électrodes de l'ordre de 1 cm , supérieur aux temps d'amorçage totaux observés.

L. B. Loeb et J. M. Meek ont développé une théorie ⁽²⁾ où l'effet photo-électrique joue un rôle prépondérant. Cette théorie ne manque pas d'ingéniosité; malheureusement le critère d'amorçage qu'elle prévoit, et qui aurait permis sa vérification la plus sûre, paraît fournir des résultats très discutables.

Par ailleurs, il est assez remarquable de constater que toutes ces théories ne tiennent compte que des charges d'espace positives, abandonnées par l'avalanche. Or il nous est apparu qu'un rôle encore bien plus important pouvait être joué par des *charges négatives*, qui, en tête de l'avalanche, sont véhiculées par celle-ci.

Une première indication sur l'importance du champ additionnel, qui en résulte en tête et sur l'axe de l'avalanche et agit dans le même sens que le champ original, serait donnée par la formule classique $E_e = 2\pi\sigma_e$, où σ_e est la densité superficielle de la charge négative, admise comme étant concentrée à la surface, celle-ci étant supposée plane.

La charge négative est $-n_0 e e^{\alpha x_k}$, où n_0 est le nombre d'électrons originels, e la charge élémentaire $= 4,8 \cdot 10^{-10}$ U. C. G. S., α le facteur de multiplication des électrons de Townsend et x_k la distance parcourue à partir de la cathode et correspondant à la longueur de l'avalanche. Posons $n_0 = 1$; d'autre part,

⁽¹⁾ *Archiv für Elektrotechnik*, 25, 1931, p. 551.

⁽²⁾ *Journ. Applied Physics*, 11, 1940, pp. 438-447 et 459-474.

tenons compte de l'action antagoniste des charges positives des ions réparties en arrière de la tête de l'avalanche; nous considérerons seulement celles qui se trouvent jusqu'à une distance égale au double du diamètre de celle-ci, d'où une erreur par défaut; cependant nous les admettrons concentrées en tête de l'avalanche, d'où une erreur par excès bien plus importante. En définitive, l'estimation de E_e sera ainsi faite par défaut. La charge négative résultante sera donc

$$Q_e = \varepsilon [-e^{\alpha x_k} + (e^{\alpha x_k} - e^{0,8\alpha x_k})] = -\varepsilon e^{0,8\alpha x_k}.$$

D'autre part, suivant les données expérimentales (relevés photographiques), d_k (diamètre équivalent de l'avalanche) $\leq 0,1 x_k$. Posons $d_k = 0,1 x_k$, donnant σ_e minimum. En conséquence on trouvera

$$E_e = -\frac{800\varepsilon e^{0,8\alpha x_k}}{x_k^2} \quad (\text{en U.C.G.S.}).$$

Pour fixer les idées sur un exemple numérique, prenons un intervalle entre électrodes de $0^{\text{cm}},1$ où l'on déclenchera un amorçage sous une surtension de 50 %; soit $E = 67,5 \text{ kV/cm} = 225 \text{ U.C.G.S.}$ Pour un tel champ, le facteur $\alpha = 400$ (dans l'air, à la pression atmosphérique).

On trouve ainsi, après un parcours $x_k = 0^{\text{cm}},03$, $E_e \cong 6,5 \text{ U.C.G.S.}$

Bien que ce champ additionnel soit faible vis-à-vis du champ original, α est déjà porté à ~ 440 . Après un parcours supplémentaire de $0^{\text{cm}},01$, soit $x_k = 0^{\text{cm}},04$ (en admettant que α et E_e demeurent constants, donc en commettant encore une erreur par défaut), on aura $E_e \cong 90 \text{ U.C.G.S.}$ D'où $E_e = 315 \text{ U.C.G.S.}$ et $\alpha \cong 900$.

On remarque immédiatement le caractère cumulatif des phénomènes, E_e et α réagissant l'un sur l'autre et précipitant le développement de l'avalanche. C'est ainsi que, pour $x_k = 0^{\text{cm}},05$, on trouvera $E_e \cong 1950 \text{ U.C.G.S.}$ D'où $E_e \cong 2200 \text{ U.C.G.S.} \cong 730 \text{ kV/cm}$ et $\alpha \cong 7.500$.

Une baisse d'accélération du déroulement des phénomènes ne semblerait devoir se produire que pour des champs résultants de l'ordre de 1500 à 2000 kV/cm, pour lesquels le coefficient α , après être passé par un maximum, de l'ordre de 8 à 9000, diminue. Ainsi le champ résultant en tête de l'avalanche tendrait-il rapidement vers une limite, de l'ordre de 5000 kV/cm.

Or, pour de tels champs, la vitesse des électrons atteint l'ordre de grandeur de 10^9 cm/s ; en outre le développement de l'avalanche devient tel qu'une seule avalanche est suffisante pour assurer l'amorçage de l'étincelle.

Le mécanisme esquissé ci-dessus semble susceptible d'expliquer les rapidités d'amorçage trouvées expérimentalement. Toutefois le présent exposé n'en fournit qu'un aspect très simplifié. En effet, si le déplacement d'une partie des électrons est bien accéléré par les forces internes de l'avalanche, celui d'une autre partie sera, au contraire, ralenti. Il se produirait ainsi une sorte de distension et de dislocation du nuage électronique de tête de l'avalanche,

phénomène, d'ailleurs, déjà constaté par l'expérience, mais non expliqué jusqu'ici.

Ce mécanisme complexe serait cependant accessible, dans une certaine mesure, à une analyse mathématique.

OPTIQUE. — *Dépolarisation longitudinale de la lumière par les suspensions grossières.* Note de M. **AUGUSTIN BOUTARIC** et M^{lle} **MARIE-AGNÈS HIRTZ**.

Procopiu ⁽¹⁾ a signalé en 1921 qu'un faisceau de lumière polarisée se dépolarise partiellement en traversant une suspension grossière. Dès ses premiers travaux, il a indiqué que la dépolarisation ne se produit que si les particules en suspension sont biréfringentes et il a proposé d'utiliser ce phénomène pour reconnaître la biréfringence de petites particules de matière.

Au cours de recherches exécutées sur un grand nombre de suspensions, nous avons porté spécialement notre attention sur la propriété précédente et envisagé simultanément le dichroïsme magnétique et électrique des mêmes suspensions. Conformément aux conclusions formulées autrefois par Meslin et par Chaudier, nous n'avons jamais observé le moindre dichroïsme magnétique ou électrique lorsque les particules en suspension ne provenaient pas de cristaux biréfringents, en sorte que le dichroïsme magnétique ou électrique d'une suspension paraît bien constituer un criterium absolu du caractère biréfringent de la matière dispersée.

Il est bien loin d'en être ainsi pour la dépolarisation longitudinale. Laissant de côté les cas dont l'interprétation pourrait prêter à discussion, nous nous bornerons à mentionner ici ceux pour lesquels nous avons constaté une dépolarisation très nette, bien que la matière en suspension fût fournie par des corps optiquement isotropes, matière amorphe ou appartenant à des cristaux du système cubique.

Le faisceau, transmis par un nicol polariseur et tamisé par une gélatine colorée ($\lambda = 520 \text{ m}\mu$), est reçu sur un photopolarimètre de Cornu, réglé de manière qu'en l'absence de suspensions dépolarisantes, les deux images fournies par le prisme biréfringent soient éteintes par le nicol analyseur. Après avoir introduit sur le trajet du faisceau une cuve à faces parallèles contenant la suspension à étudier, on fait tourner le nicol analyseur d'un certain angle α , jusqu'à ce que les deux images paraissent également éclairées. En désignant par I l'intensité de la vibration transmise par la cuve parallèlement à la section principale du polariseur, par i l'intensité de la vibration perpendiculaire, le facteur de dépolarisation ρ de la lumière sortant de la cuve est

$$\rho = \frac{i}{I} = \tan^2 \alpha.$$

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 409; 201, 1935, p. 55; *Annales de Physique*, 1, 1921, p. 270.

La matière à disperser ayant été finement broyée, on recueille la poudre qui passe à travers un tamis n° 130 et est arrêtée par un tamis n° 220, ce qui permet d'obtenir des suspensions sensiblement homogènes. La concentration c étant évaluée en grammes par 100^{cm³} et l'angle α en degrés, le tableau ci-dessous donne les valeurs limites du quotient α/c pour de faibles concentrations, relatives à des suspensions de natures différentes examinées à travers des cuves de 2^{cm} d'épaisseur.

Suspension	α/c
Gluten dans l'eau	9,2
Gel de silice »	9,8
Eluorine »	10
Grenat »	10,3
Spinnelle »	11,1
Quartz »	59,9
Sidérose »	62,5
Sel gemme dans l'alcool éthylique	15

Sans doute les suspensions dont les particules sont anisotropes fournissent, à égalité de concentration, des valeurs de l'angle α et, par suite, des dépolarisations très supérieures à celles qui correspondent aux suspensions dont les particules sont optiquement isotropes; toutefois il n'est pas possible de considérer comme nulle, ou même négligeable, la dépolarisation produite par des particules optiquement isotropes. La dépolarisation relative à de telles suspensions peut atteindre des valeurs considérables, à condition d'utiliser des suspensions de concentration c et de densité optique suffisantes. A titre d'exemples voici les dépolarisations ρ fournies par des suspensions de sel gemme dans l'alcool absolu, de concentration c et de densité optique δ :

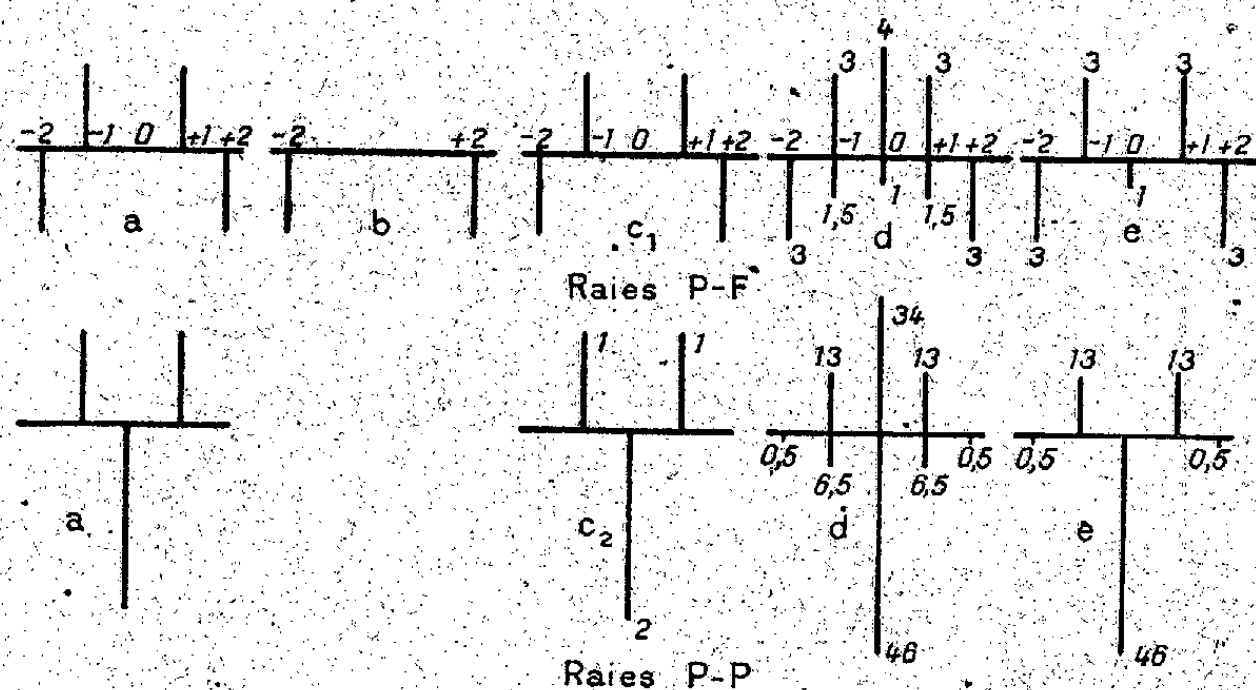
c	α (°)	ρ	δ
1	15	0,071	1,90
1,6	25	0,217	2,85
2,2	35	0,490	3,77
2,4	38,5	0,632	4,18

Ainsi une suspension renfermant 2^g,4 de sel gemme pour 100^{cm³} fournit, sous une épaisseur de 2^{cm}, une dépolarisation considérable, atteignant 0,632.

Il est donc impossible d'admettre que la biréfringence des particules soit la seule cause de la dépolarisation longitudinale. Toutefois, comme, pour d'égales valeurs de la concentration ou de la densité optique, ce sont les suspensions dont les particules sont biréfringentes qui produisent les plus fortes dépolarisations, il semble bien que, si la biréfringence n'est pas la seule cause du phénomène observé, elle y intervienne d'une manière importante.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'effet Zeeman des raies interdites de l'hélium; rôle des champs électriques interatomiques.* Note de MM. JEAN BROCHARD, PIERRE JACQUINOT et PHILIPPE PLUVINAGE, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé que certaines raies interdites de l'hélium présentaient une décomposition magnétique transversale identique à celles de rayonnements d'ordre supérieur : quadrupolaire ⁽¹⁾ pour les transitions P-F, octopolaire ⁽²⁾ pour les transitions P-G, et dipolaire magnétique ⁽³⁾ pour les transitions P-P. Nous avons signalé alors que, pour certaines de ces raies, l'intensité augmente plus vite que celle des raies normales quand on augmente l'excitation de la source. Cette *exaltation* est le caractère des raies *forcées* par les champs électriques, distribués au hasard, que les ions présents dans la décharge exercent les uns sur les autres; nous avons vérifié depuis que toutes les raies citées plus haut étaient ainsi exaltées.



a, observé (transversal); *b*, observé (longitudinal); *c*, calculé pour un rayonnement d'ordre supérieur; *c*₁, quadrupolaire; *c*₂, dipolaire magnétique; *d*, calculé pour un rayonnement dipolaire électrique forcé par champ électrique *isotrope*; *e*, calculé pour un rayonnement dipolaire électrique forcé par champ électrique *anisotrope*.

Or les décompositions magnétiques des raies dipolaires forcées, par des champs électriques distribués au hasard et ayant des composantes égales en moyenne dans toutes les directions (champs *isotropes*), sont différentes de celles que nous avons observées, ainsi que le montre la figure en *a* et *d*. Mais nos observations d'effet Zeeman avaient presque toutes été faites avec des tubes faiblement excités : avec le dispositif que nous avons alors il n'était possible d'appliquer au tube qu'une très faible puissance en présence du champ magnétique. En admettant que pour ces faibles excitations la contribution du rayonnement dipolaire forcé est nulle ou très faible, on peut expliquer à la fois

⁽¹⁾ P. JACQUINOT, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 64.

⁽²⁾ J. BROCHARD et P. JACQUINOT, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 581.

⁽³⁾ P. JACQUINOT et J. BROCHARD, *ibid.*, 217, 1943, p. 569.

l'effet Zeeman obtenu et l'exaltation observée lorsqu'on peut appliquer, sans champ magnétique, des densités de puissance plus grandes.

Mais, s'il en est ainsi, l'effet Zeeman doit se modifier de façon sensible (apparition de composantes) s'il est possible de pousser le tube suffisamment dans le champ magnétique pour que les raies y soient exaltées. C'est ce que nous avons cherché à vérifier; nous avons construit un type de source très puissamment excité et nous avons fait, simultanément et dans les mêmes conditions, des mesures d'exaltation et des clichés Zeeman. Il est très important, dans ces mesures, de bien s'assurer que l'on mesure effectivement l'exaltation de la probabilité de transition; nous aurons à faire connaître les méthodes employées. L'étude a porté sur les raies 2^1P-4^3F (4921 Å), $2^3P_{1,2}-4^3F$ (4471 Å), et 5^1P-2^1P (4383 Å), dans un champ de 7000 Gauss. La puissance appliquée au tube en présence du champ pouvait varier de 30 à 1500 watts; les mesures d'exaltation montrent que dans ces conditions les probabilités de transition passent de 1 à 6 pour les raies P-F et de 1 à 3 pour les raies P-P. Donc, au moins pour les fortes excitations, la presque totalité de l'intensité est due au rayonnement forcé. Quant à l'effet Zeeman, il ne subit aucune modification sensible.

Ce résultat inattendu ne peut s'expliquer qu'en admettant que la nature du rayonnement est la même pour toutes les excitations utilisées, et qu'il ne s'agit ni de rayonnements d'ordres supérieurs, invoqués plus haut, ni du rayonnement dipolaire forcé par champ électrique *isotrope*. Nous avons fait aussi une observation *longitudinale*, mais uniquement, à cause du manque de luminosité dans ce mode d'observation, pour la raie la moins faible (4921 Å) et la puissance la plus forte: seules apparaissent les composantes $\Delta m = \pm 2$ (*fig. b*). On peut démontrer d'une façon générale que, pour tous les modes *normaux* de rayonnement (2^n -polaire électrique ou magnétique sans champ électrique extérieur), l'effet Zeeman *longitudinal* doit être le même et donner uniquement les composantes $\Delta m = \pm 1$. Les raies sont donc bien dues à un rayonnement forcé, et cependant leur effet Zeeman transversal est le même que pour les rayonnements normaux d'ordre supérieur.

De plus, la *corrélation* relevée dans le cas de la raie 4921 entre les observations transversale et longitudinale est *caractéristique* du rayonnement dipolaire électrique, normal ou forcé.

On peut rendre compte presque exactement de l'ensemble des phénomènes observés en supposant que le champ électrique ne possède pas de composante parallèle au champ magnétique. Les décompositions que l'on peut calculer ainsi pour les raies de singulets (*) se déduisent des décompositions calculées

(*) Les niveaux des triplets qui interviennent dans les raies étudiées sont suffisamment serrés pour qu'on puisse admettre que dans le champ magnétique utilisé ils se comportent comme des singulets.

dans le cas d'un champ électrique *isotrope* par simple suppression des composantes qui formeraient le triplet normal : cette règle est valable aussi bien dans le cas où les champs électriques ne possèdent de composantes que dans une seule direction perpendiculaire au champ magnétique que dans le cas où ils sont distribués au hasard dans un plan perpendiculaire au champ magnétique. La figure montre en *e* les décompositions ainsi calculées pour les raies étudiées. On voit que, compte tenu des intensités, ces figures sont très semblables à celles qui ont été observées. Dans le cas des raies P-F, la seule différence est due à la composante $(\sigma)\Delta m = 0$: il n'existe certainement pas, sur les clichés, de telle composante avec une intensité supérieure au sixième de celle des composantes $(\sigma)\Delta m = \pm 2$ qui l'encadrent. Dans le cas de la raie P-P, les composantes $(\sigma)\Delta m = \pm 2$ sont trop faibles pour être observables et l'analogie avec l'effet Zeemann d'une raie dipolaire magnétique est totale.

Les décompositions que nous avons observées pour deux raies P-G, et qui sont identiques à celles de raies octopolaires, peuvent probablement s'expliquer de façon analogue.

CHIMIE PHYSIQUE. — Préparation du cérium exempt de fer.

Noté de M^{lle} CHARLOTTE HENRY LA BLANCHETAIS, présentée par M. Aimé Cotton.

En 1934, F. Trombe ⁽¹⁾ met en évidence, sur un cérium pur (99,9 %) à 0,01 % de fer, un cycle magnétique important, entre 110° K. et 173° K. De plus, la susceptibilité de ce cérium, indépendante du champ à la température ordinaire, varie notablement avec celui-ci à basse température.

Certains auteurs retrouvent le cycle magnétique, mais n'observent pas de phénomènes de saturation à basse température. Par contre ceux-ci sont signalés, entre autres, par Starr et Kaufmann ⁽²⁾, qui calculent la valeur éventuelle d'un terme ferromagnétique superposé au paramagnétisme du cérium qu'ils étudient (0,5 % de fer).

En 1943, F. Trombe et M. Foëx ⁽³⁾ trouvent des anomalies de dilatation considérables correspondant au cycle magnétique signalé en 1934. Des traitements thermiques convenables font disparaître (état β) ou apparaître (états $\gamma \rightleftharpoons \alpha$) ces anomalies ; des études magnétique ⁽⁴⁾ et électrique ⁽⁵⁾ confirment ces résultats.

Aucun des essais précédents ne permettait de calculer le moment magnétique du cérium ni de définir le rôle de ce dernier dans les effets de saturation observés à basse température. C'est pourquoi j'ai entrepris, sous la direction de M. F. Trombe, la préparation d'un cérium sans fer, en vue de son étude magnétique.

Pour obtenir un chlorure de cérium rigoureusement exempt de fer, j'ai

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1591.

⁽²⁾ *Phys. Rev.*, **58**, 1940, p. 657.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 501.

⁽⁴⁾ F. TROMBE, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 96.

⁽⁵⁾ M. FOËX, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 117.

utilise la différence des pH de précipitation de ces deux métaux à l'état d'hydroxydes. Du gaz ammoniac, très dilué dans un courant d'air, circulant dans la solution de chlorure (*) précipite *tout* le fer avec une faible quantité de cérium. L'électrolyse directe de ce chlorure fondu dans un matériel purifié donne encore, dans le cérium métallique, plus de 0,005 % de fer. En effet il est impossible d'éliminer totalement le fer du matériel utilisé à haute température. En particulier les électrodes (tungstène ou molybdène) et le fluorure de calcium ajouté au bain pour dissoudre les oxydes résiduels en apportent des traces. Il était donc nécessaire de modifier la méthode électrolytique elle-même pour obtenir mieux. Le fer métallique possède, à haute température, un potentiel de dépôt très inférieur à celui du cérium; il doit donc être éliminé au début de l'électrolyse. Cette prévision a été entièrement confirmée. Le cérium déposé au début contient 0,02 % de fer; le métal obtenu ensuite (les 5/6 de la masse totale) est beaucoup plus pur (0,0005 % de fer). D'après mes premières mesures, ce cérium à 0,4 % de silicium et 0,0005 % de fer ne présente aucun effet de saturation à basse température.

La méthode électrolytique, qui permet, à haute température, la séparation du fer et du cérium, est généralisable aux autres éléments des terres rares (lanthane, praséodyme) qui sont obtenus par voie électrolytique directe; elle s'applique également à la séparation des métaux rares avec d'autres métaux du groupe du fer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'électrolyse de quelques chlorures métalliques dans les alcools méthylique et éthylique.* Note de MM. CLAUDE CHARMETANT et RENÉ PÂRIS, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans le cadre d'une série de recherches sur l'électrolyse en milieu alcoolique, nous avons essayé de percevoir un mécanisme permettant d'interpréter les résultats expérimentaux en accord avec les hypothèses actuellement proposées pour l'électrolyse aqueuse. Nous avons étudié l'électrolyse des chlorures de magnésium, zinc, nickel et cobalt en solution dans les alcools méthylique et éthylique anhydres.

L'appareil utilisé rappelle celui que Jolibois avait préconisé pour l'étude en solution aqueuse (1). Cet appareil est formé de deux vases cylindriques de 3^{cm},5 de diamètre et de 5^{cm} de hauteur, réunis par un siphon. Les électrodes sont des disques de platine poli de 2^{cm} de surface placés verticalement à une distance de 2^{cm} du fond; dans chaque compartiment on place de l'alcool sur une hauteur de 2^{cm}, puis on introduit la solution par le tube à siphon de façon

(*) F. TROMBE, *ibid.*, 215, 1942, p. 539.

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 706.

à former une couche inférieure d'à peine 1^{cm}; ainsi de chaque côté une couche d'alcool entoure l'électrode et la solution de chlorure ne diffuse que lentement.

Les sels *purs Poulenc* ont été soigneusement déshydratés, leur pureté a été vérifiée par l'analyse; les alcools anhydres ont été obtenus par distillation sur calcium.

Les électrolyses ont été faites pendant 24 heures sous des tensions de début de 480 à 240 volts selon les sels étudiés, tensions que nous avons fait baisser graduellement au cours de chaque essai pour maintenir une intensité constante, de 0,005 à 0,007 ampère selon les sels.

A la cathode il se dégage un gaz (hydrogène) et il y a formation d'un dépôt gélatineux qu'on analyse après lavage à l'alcool et dessiccation au vide; l'alcool est dosé par la méthode de Nicloux (²). Un essai comparatif sur de l'hydroxyde de magnésium nous a montré que dans nos dépôts l'alcool était presque tout entier sous forme combinée, une faible partie seulement pouvant être considérée comme retenue physiquement (5 % environ). Selon toute vraisemblance ces dépôts seraient des alcoolates, partiellement décomposés à l'air, l'éthylate de cobalt étant particulièrement instable.

Sel.	Électrolyse dans CH ³ OH.				Électrolyse dans C ² H ⁵ OH.		
	Dépôt.	Métal %.	Alcool %.		Dépôt.	Métal %.	Alcool %.
Cl ² Mg	blanc	33,4	38,6		blanc	38,1	38,4
Cl ² Zn	blanc (+ zinc)	61,5	15		blanc	56	43
Cl ² Ni	vert clair	43,5	27,6		vert clair	43	28,5
Cl ² Co	brun rouge	42,2	27,1		brun	60	5

A l'anode on constate que la solution devient acide et qu'il se forme de l'aldéhyde. La présence du chlore n'a pu être mise en évidence que dans le cas de l'alcool méthylique et en solution suffisamment concentrée (il ne s'en forme pas en solution de Cl²Mg N/120). En outre nous avons vérifié que l'action purement chimique du chlore sur C²H⁵OH est beaucoup plus rapide que sur CH³OH.

Ces résultats peuvent s'interpréter en admettant, comme en solution aqueuse, que le solvant, formé de molécules polaires et ionisé, intervient dans le phénomène primaire de l'électrolyse. L'ionisation admise pour les alcools (³) fournit une très petite quantité d'ions H⁺ et RO⁻ suivant l'équilibre $ROH \rightleftharpoons RO^- + H^+$, et, si l'on suppose, avec Jolibois (⁴), que ceux-ci peuvent atteindre seuls les électrodes et s'y décharger, on comprend qu'à la cathode

(²) *Ibid.*, 192, 1931, p. 885.

(³) DANNER et HILDEBRAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 2824; WILLIAMS et TRUESDALE, *ibid.*, 45, 1923, p. 1348; BUCKLEY et HARTLEY, *Phil. Mag.*, 8, 1929, p. 320.

(⁴) P. JOLIBOIS, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1245; *Helvetica Chim. Acta*, 23, 1940, p. 405.

l'hydrogène se dégage et que l'alcoolate se forme d'après la réaction $2RO^- + Me^{++} \rightarrow Me(RO')^2$. La formation de cet alcoolate par action du métal sur l'alcool serait difficilement concevable dans le cas des métaux lourds (à moins d'attribuer à un métal au moment de son dépôt une activité chimique particulièrement grande, qui n'a jamais été signalée). C'est également la conclusion à laquelle on aboutit quand on dit, sans approfondir le mécanisme de la décharge des ions, que l'hydrogène a une tension de dépôt moins négative que le métal.

À l'anode, si nous admettons, avec Jolibois, que c'est l'anion du solvant qui se décharge le premier, nous comprenons qu'il se forme de l'acide chlorhydrique, suivant H^- (de l'alcool) + Cl^- (du sel) $\rightarrow HCl$, et de l'aldéhyde par décomposition du radical libre, par exemple $2C^2H^3O \rightarrow C^2H^3OH + C^2H^3O$; mais, s'il se dégage du chlore (cas de l'alcool méthylique), nous devons attribuer au radical libre une action oxydante prononcée telle que $2CH^3O + 2HCl \rightarrow 2CH^3OH + Cl_2$.

L'explication classique, qui consisterait à admettre que le chlore, ayant une tension de dépôt moins positive que l'anion de l'alcool, devrait se décharger le premier et réagir ensuite sur l'alcool pour former l'aldéhyde (plus vite dans le cas de l'alcool éthylique que dans celui de l'alcool méthylique), pourrait paraître aussi séduisante. À l'appui de cette interprétation, nous avons constaté, en mesurant les tensions de polarisation de HCl et d'acides oxygénés (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4) dans l'eau et dans l'alcool méthylique,

Tensions de polarisation.

	Acides oxygénés.	$HClN$	$HClN/40$	$HClN/60$
Eau (volt).....	1,67 à 1,70	1,31	1,70	—
CH^3OH (volt).....	1,45 à 1,50	1,29	—	1,50

que ce sont les ions H^+ et OH^- , respectivement H^+ et CH^3O^- qui doivent se décharger dans le cas des acides oxygénés, tandis que ce sont les ions H^+ et Cl^- qui se déchargeraient dans le cas de HCl , sauf aux grandes dilutions^(*). Mais ces tensions de polarisation, comme d'ailleurs les potentiels de dépôt, expriment un fait d'expérience, alors que la théorie de Jolibois propose un mécanisme. Si nous admettons avec ce dernier qu'en milieu aqueux le radical OH peut oxyder HCl , on peut attribuer en milieu alcoolique le même pouvoir oxydant au radical RO . Ceci aura l'avantage de conférer une symétrie parfaite aux phénomènes cathodiques et anodiques.

(*) Le Blanc a montré que le dégagement d'oxygène apparaît à partir de $HClN/32$ (*Zeits. Phys. Chem.*, 8, 1891, p. 299).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre le renversement des émulsions et les changements de phases des savons* ⁽¹⁾. Note ⁽²⁾ de M. FÉLIX LACHAMPT, présentée par M. Jacques Duclaux.

On sait qu'un émulsionnant soluble dans l'eau donne de préférence des émulsions du type *huile dans l'eau* (H/E), tandis qu'un émulsionnant soluble dans l'huile donne des émulsions du type *eau dans l'huile* (E/H). Un cas particulièrement intéressant pour la théorie des émulsions est celui des émulsionnants, qui, selon les proportions relatives de l'eau, de l'émulsionnant et de l'huile, donnent le type E/H ou H/E.

Les résultats ici rapportés précisent les conditions exactes de formation de l'un ou de l'autre type, du moins en ce qui concerne les cas où l'on emploie un savon comme émulsionnant. Il en ressort que le facteur déterminant n'est autre que la concentration de l'émulsionnant dans l'eau. Ainsi se trouve définie une *concentration critique de l'émulsionnant dans l'eau*, au-dessous de laquelle l'émulsion est du type H/E et au-dessus de laquelle elle est du type E/H. De plus, et c'est là le point intéressant, la concentration critique de renversement correspond à la concentration critique de changement de phases de la solution aqueuse de l'émulsionnant. Par exemple, une émulsion d'huile de paraffine, obtenue au moyen d'oléate de triéthylamine, donne des émulsions du type H/E lorsque la teneur de la phase aqueuse est inférieure à 29 %. Cette concentration critique de 29 % correspond au passage de la solution isotrope à la phase anisotrope la moins concentrée en savon, la phase médiane (*Middle Soap* de Mc Bain).

Nous avons vérifié ce fait sur une solution du même oléate de triéthylamine dans une étude parallèle.

Nous avons utilisé comme savon l'oléate de triéthylamine, à cause de sa solubilité dans l'huile. A 100^{cm³} d'oléate de triéthylamine nous avons ajouté 19^{cm³} d'huile de paraffine; on obtient ainsi une solution huileuse homogène, à laquelle on ajoute des quantités croissantes d'eau distillée.

Avec 5^{cm³} d'eau la solution devient rigide; vers 50^{cm³} l'émulsion n'est pas encore résoluble au microscope, mais on y remarque un aspect gaufré, laissant soupçonner l'hétérogénéité. Celle-ci s'affirme de plus en plus et les particules d'eau deviennent nettement visibles vers 100^{cm³} d'eau. Avec 200^{cm³} d'eau, l'aspect est très crémeux, mais l'émulsion est toujours du type E/H. Un ramollissement très sensible est obtenu vers 220^{cm³}, et, lorsque 240^{cm³} d'eau sont ajoutés, le renversement se produit avec une grande netteté et l'on obtient une émulsion du type H/E, la phase continue étant l'eau, alors que précédemment la phase continue était l'huile.

(1) Voir la Note précédente, 3 janvier 1945, p. 46.

(2) Séance du 29 janvier 1945.

Pour prouver que ce point critique de renversement est indépendant de la quantité d'huile, la même expérience a été répétée avec, de nouveau 100^{cm} d'oléate de triéthylamine, mais 115^{cm} d'huile (au lieu des 10^{cm} de l'expérience précédente). Le renversement se fait toujours pour une même addition de 240^{cm} d'eau, c'est-à-dire, dans les deux cas, pour une teneur en savon de 29 % dans la phase aqueuse (la fraction de savon retenue sur l'interface des gouttelettes est négligeable vis-à-vis de la quantité de savon utilisée ici).

Bien plus, en nous plaçant en avant, mais très près de cette concentration critique, soit à 28,5 %, et par suite dans une zone sensible au renversement, nous avons pu, en opérant avec la même quantité de savon, ajouter jusqu'à 2500^{cm} d'huile, sans sortir du domaine H/E. De simples difficultés matérielles nous ont empêché d'aller plus loin. Dans l'émulsion très épaisse obtenue, le rapport (Volume de la phase dispersée/Volume total) est de 88 %.

La détermination du type de l'émulsion a été faite par projection sur chaque préparation de quelques grains de colorant soluble dans l'huile (rouge Soudan), avant l'examen au microscope. En ce qui concerne la mise en émulsion, après avoir essayé divers appareillages compliqués, nous avons reconnu que les meilleurs résultats sont obtenus à l'aide de l'appareil ménager servant à battre les œufs.

En conclusion, on peut étendre aux solutions de savon le principe qui détermine le type de l'émulsion par la solubilité de l'émulsifiant dans l'une ou l'autre des phases, en remarquant que, précisément, pour des concentrations inférieures à 29 % (solution isotrope), le savon est soluble dans l'eau, alors que, pour des concentrations plus grandes (solutions anisotropes), c'est l'eau qui doit être considérée comme dissoute dans le savon.

CÉRAMIQUE. — *Conditions de l'agglomération céramique.*

Note (1) de M. **RENÉ LECUR**.

Au cours de la cuisson une masse céramique change de volume et de densité ; on dit qu'elle prend un certain retrait.

Les causes de ce phénomène sont restées obscures du fait que les méthodes de la céramique classique se prêtent mal à leur étude. Ces méthodes imposent l'emploi d'un liant argileux et l'apparition d'une phase vitreuse en fin de cuisson. Il en résulte que la structure cristalline du produit cuit n'est plus comparable à celle du produit cru ; or cette variation seule suffit à modifier le retrait.

Pour échapper à ces inconvénients nous avons utilisé des oxydes purs sous forme cristalline (corindon, périclase) agglomérés suivant le procédé déjà décrit dans une Note précédente et qui utilise des corps sans action chimique sur eux, disparaissant au cours de la cuisson.

(1) Séance du 13 décembre 1944.

J'ai pu ainsi démontrer l'influence sur le retrait du mouillage plus ou moins parfait de chaque grain par l'agglomérant.

En effet, en substituant à l'agglomérant fondu et mouillant un même poids d'un solide plastique pulvérisé, comme la caséine, on obtient, sous une pression de l'ordre de 1000 kg/cm^2 , un matériau cru compact; mais, après cuisson, la masse obtenue à partir de caséine est un aggloméré de gros grains poreux et friables, alors que l'emploi de l'urée ou de la stéarine fondue conduit dans les mêmes conditions à une masse de grains fins de forte densité. La caséine ne laisse subsister que les contacts primitivement établis par la pression entre les surfaces des grains solides. Il faut provoquer le ramollissement de la masse pour obtenir une substance frittée compacte. Par contre l'emploi d'un solide fondu et mouillant comme agglomérant permet d'obtenir des masses compactes, et même étanches en raison de l'enchevêtrement des cristaux, à des températures très inférieures à celle du ramollissement de cette masse.

Le film qui entoure alors chaque grain constitue un lubrifiant qui leur permet, sous l'influence de la pression, d'occuper les positions pour lesquelles la masse crue présente la plus grande concrétion compatible avec la forme et les dimensions de ces grains. L'expérience montre qu'il existe, toutes choses égales d'ailleurs, un rapport entre la concrétion de la masse crue et celle de la masse cuite. C'est pourquoi le retrait varie avec la pression d'agglomération; c'est pourquoi aussi le même retrait peut être obtenu à des pressions plus faibles, si l'on effectue l'agglomération à une température plus élevée, parce que cette température a pour effet de communiquer à l'agglomérant un caractère liquide plus marqué. C'est pourquoi encore la présence d'un constituant hygroscopique dans l'agglomérat a pour effet de diminuer le retrait, celui-ci étant d'autant plus faible que le degré hygrométrique de l'air est plus élevé, et qu'il s'écoule un temps plus long entre l'agglomération et la cuisson.

Pendant la cuisson les forces d'attraction moléculaire sont susceptibles de rapprocher les surfaces solides des grains si la distance entre ces surfaces est inférieure à la somme de leurs rayons d'action moléculaire; mais il est nécessaire, d'une part, qu'il n'existe pas de gaz adsorbés sur ces surfaces, d'autre part, que le solide fondu substitué à un gaz par l'opération préalable de mouillage soit susceptible de se vaporiser par les seules surfaces libres à l'air ambiant. Une chauffe trop rapide, en raison de la pression des gaz libérés alors dans la masse de l'agglomérat, entraîne un retrait plus faible, et même parfois sa destruction.

Le retrait dépendra donc de la grosseur des grains, non seulement en raison de leurs formes et de leurs dimensions respectives, mais encore de leur surface. C'est pourquoi le retrait varie en fonction de l'hérédité thermique de l'oxyde utilisé, une calcination ayant pour effet de diminuer la surface en déterminant la formation de grains plus gros.

On retrouve donc ici tous les phénomènes présentés par les oxydes précipités dont la densité croît par calcination sans modification de leur réseau cristallin,

l'eau adsorbée au moment de la précipitation étant alors remplacée par l'agglomérant fondu.

L'expérience montre que tous les facteurs déterminant le phénomène de retrait ou agglomération céramique sont bien connus, puisque l'emploi d'un solide agglomérant fondu permet d'obtenir, par exemple à partir de magnésie, des pièces présentant toujours les mêmes dimensions à 0,25 % près, lorsque le mouillage de la poudre par l'agglomérant est réalisé dans des conditions rigoureusement identiques.

Signalons d'autre part, pour préciser l'importance de ce mouillage sur les résultats de cuisson, qu'en partant de magnésie calcinée pure à 99 %, agglomérée sous une pression de 2000 kg/cm², en élevant la température de 75°/heure jusqu'à 1420°, température maintenue elle-même pendant 6 heures, j'ai obtenu des pièces en periclase dénuées de porosité, alors que le point de fusion de la magnésie est voisin de 2500°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxyde de nickel trivalent Ni³O².*

Note de M. JEAN BESSON, présentée par M. Louis Hackspill.

J'ai signalé ⁽¹⁾ un phénomène particulier qui se produit dans l'oxydation du nickelocyanure de potassium Ni(CN)₄K₂ par un hypochlorite alcalin : le peroxyde noir, qui précipite d'abord, revient à l'état d'hydroxyde ordinaire Ni(OH)₂ ou d'oxyde salin Ni³O², suivant la quantité d'oxydant ajoutée. En même temps il y a décomposition totale de l'excès d'hypochlorite, de sorte que l'analyse fournit directement la composition du précipité, sans filtration ni lavage.

Je me suis proposé d'étendre la méthode du côté des quantités croissantes d'oxydant, dans l'espoir de mettre en évidence la formation de peroxydes plus oxygénés que Ni³O², peroxydes qui n'ont encore pu être isolés de façon certaine et dont les propriétés, notamment la stabilité, restent contestées.

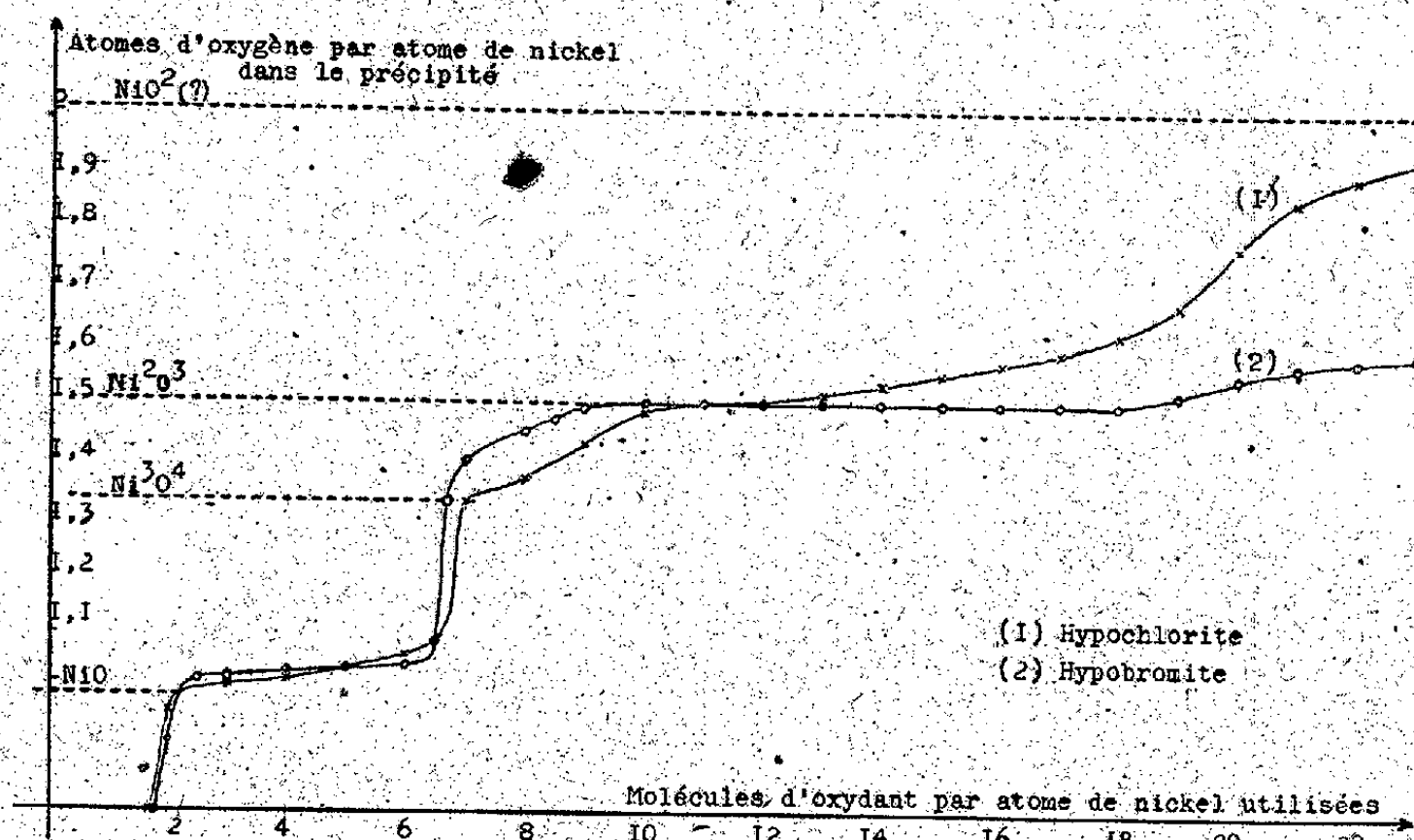
Le mode opératoire est le suivant : dans une série de flacons identiques contenant chacun 10^{cm³} d'une solution de nickelocyanure à 54,4 de nickel par litre, on ajoute 4^{cm³} de potasse 4 N, puis des quantités d'oxydant (hypochlorite ou hypobromite de sodium) croissant régulièrement. On attend une quinzaine de jours à la température du laboratoire, qui, dans nos diverses expériences, a varié de 0° à 15° environ. On dose alors l'oxygène actif dans chaque flacon. Les résultats sont les suivants :

1° Une touche au papier iodo-amidonné montre qu'il ne reste plus d'oxydant dans la liqueur baignant le précipité, même si la quantité ajoutée est 70 fois supérieure à la quantité théorique correspondant à la formule Ni³O². Dans le nouveau domaine de concentration étudié, le dosage fournit donc

(1) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 130.

encore directement la composition du précipité, sans qu'on ait à tenir compte d'un excès d'oxydant resté en solution.

2° Les courbes de la figure donnent, pour l'hypochlorite et l'hypobromite,



la composition finale de ce précipité en fonction de la quantité d'oxydant ajoutée; elles sont relatives à une température de 7°. Les résultats sont d'ailleurs identiques aux différentes températures, mais, les réactions étant plus lentes à froid, les courbes relatives à la température de 0° présentent des points anguleux moins nets.

Ces courbes s'interprètent de la façon suivante :

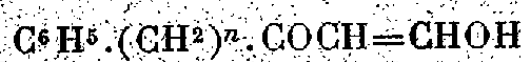
La décomposition catalytique des hypochlorites et des hypobromites se fait avec retour à l'hydroxyde divalent tant que la quantité d'oxydant reste inférieure à environ 6,5 molécules par atome de nickel. Pour cette valeur limite, l'oxyde salin Ni^3O^4 prend naissance. Puis il est de plus en plus mélangé de sesquioxyde Ni^2O^3 , qui se forme quantitativement à partir de 10 molécules d'oxydant par atome de nickel. On assiste alors pour ce sesquioxyde au même phénomène que pour le protoxyde : le peroxyde, qui précipite d'abord, contient davantage d'oxygène que ne l'exige la formule Ni^2O^3 , mais il se décompose ensuite en revenant à l'état trivalent, tant que la quantité d'oxydant n'est pas trop grande. Le fait est particulièrement net avec l'hypobromite et fournit ainsi une méthode de préparation de Ni^2O^3 . Pour des quantités d'oxydant encore plus grandes, le rapport O/Ni s'élève au-dessus de 1,5, et il est possible que l'on arrive ainsi au bioxyde NiO^2 , au moins à basse température. En effet, si, avec l'hypobromite, on ne dépasse pas la valeur 1,6, avec l'hypochlorite ce rapport croît d'abord lentement jusqu'à 1,6, puis beaucoup plus rapidement jusqu'aux environs de 2 et même au delà (2,2), peut-être à cause d'une adsorption d'oxydant par le précipité.

En résumé, si la formation de bioxyde reste encore douteuse, la méthode de Liebig fournit un moyen de préparer quantitativement le sesquioxyde Ni_2O_3 . Il suffit d'ajouter à une solution alcaline de nickelocyanure de potassium une quantité d'hypobromite de sodium comprise entre 10 et 18 molécules par atome de nickel et de laisser le précipité évoluer librement à température ordinaire pendant 15 jours. Il est probable que les auteurs ⁽²⁾ qui affirment avoir obtenu le sesquioxyde se sont placés par hasard dans cette zone. Ceux, au contraire, qui ont employé une quantité insuffisante d'oxydant, ou qui, pour une raison quelconque, n'ont pas oxydé complètement les grains d'hydroxyde divalent précipité, ont obtenu un peroxyde instable revenant au protoxyde [Howell ⁽³⁾] ou à l'oxyde salin [François et Delwaulle ⁽⁴⁾]. Enfin, pour de très fortes concentrations en oxydant, il est possible que le bioxyde NiO_2 prenne naissance [Belluci et Clavari ⁽⁵⁾].

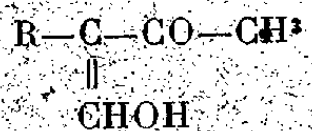
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de deux séries de dérivés hydroxyméthyléniques de cétones aromatiques du type $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_3$.*

Note ⁽¹⁾ de M. MAURICE ROCH, présentée par M. Marcel Delépine.

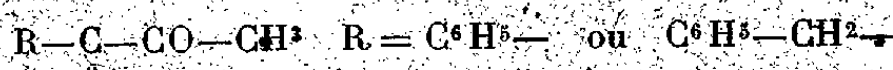
En collaboration avec M^{lle} M. Montagne ⁽²⁾, nous avons étudié la condensation de la phénylacétone et de la benzylacétone avec le formiate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium sec, dans l'éther. Nous avons démontré que, contrairement aux allégations de Rupe et Müller ⁽³⁾, il se fait, dans ces conditions, pour ainsi dire uniquement des dérivés hydroxyméthyléniques de structure (I).



(I)



(II)



Tous les dérivés (sel de Cu, ester acétique, ester benzoïque, dérivé aniliné) préparés à partir du sel de sodium, isolé comme produit principal de la réaction, doivent être considérés comme dérivant de cette structure. Nous avons constaté que les condensations dans l'éther anhydre, utilisant le sodium pulvérisé ou l'amidure de sodium comme agent de condensation, donnent des dérivés de même structure.

Bien que cristallisés et stables à la distillation, les dérivés hydroxyméthyléniques de structure (II) apparaissent jusqu'ici d'un accès difficile.

⁽²⁾ Tels que CARNOT, *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 610.

⁽³⁾ *J. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 669 et 1772.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 282.

⁽⁵⁾ *Att. Accad. Lincei*, 16, 1, 1907, p. 647.

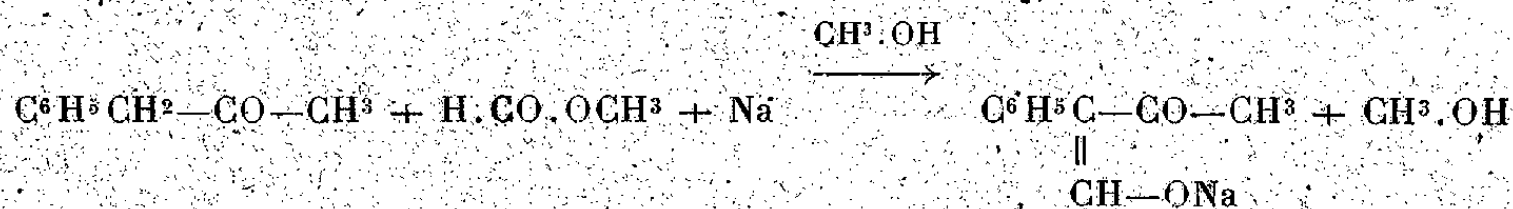
⁽¹⁾ Séance du 8 janvier 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 679.

⁽³⁾ *Helvetica Chim. Acta*, 4, 1920, p. 841.

Dans le but de préparer les composés de structure (II) de façon pratique, nous avons cherché, en modifiant les conditions opératoires, quels sont les facteurs qui influence sur la condensation du formiate d'éthyle avec la phénylacétone et la benzylacétone. Nous avons constaté que l'alcool, introduit volontairement ou fortuitement dans la réaction, devait être tenu pour responsable de l'apparition du composé hydroxyméthylénique de structure ramifiée (II).

Le produit obtenu est d'emblée très pur, il cristallise dès qu'on cherche à l'isoler par acidification des solutions de son sel de sodium. Voici le schéma de la réaction :

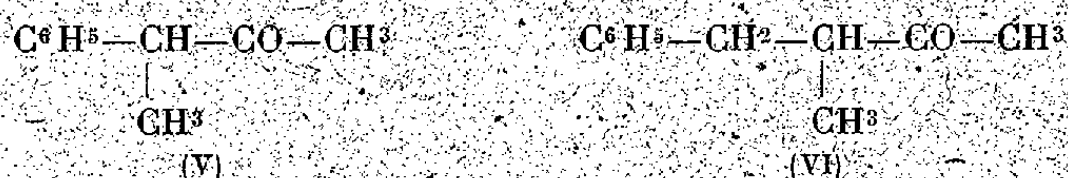


Nos recherches nous ont permis de préparer et d'étudier les composés (III) et (IV) assez mal connus et non étudiés.



(⁴) *Liebig's Annalen*, 526, 1936, p. 130.

leurs isomères de structure normale, qui sont huileux et indistillables. Ils sont solubles dans les alcalis, et titrables à la phthaléine. Ils donnent des sels de cuivre verts, très solubles dans le benzène à froid; les sels de cuivre des isomères de structure (I) sont bleus et difficilement solubles à chaud dans le benzène. Enfin les dérivés acétylés et benzoylés des composés (III) et (IV) conduisent, par hydrogénation, respectivement aux cétones (V) et (VI)



Nous sommes donc bien en présence de deux séries différentes de dérivés, préparées, l'une dans l'éther anhydre, l'autre dans l'alcool absolu.

Il est à signaler que, dès le début de sa découverte des hydroxyméthylène-cétones, Claisen a condensé l'acétophénone avec le formiate d'éthyle par une solution d'éthylate de sodium dans l'alcool. Plus tard ce procédé a été abandonné par Claisen lui-même et, d'une manière générale, on préfère utiliser le sodium pulvérisé ou l'éthylate sec, en suspension dans l'éther, qui donne des rendements plus élevés.

Ici nous ne nous trouvons plus devant un problème de rendement, mais devant un problème d'orientation différente de la condensation. Doit-on penser que nos deux cétones s'ionisent différemment si elles sont en solution dans l'éther ou dans l'alcool? Nous croyons que, si le pouvoir ionisant de l'éthylate alcoolique et les propriétés polaires de la cétone interviennent, il est possible que les questions de solubilité jouent aussi un rôle dans le processus de la réaction.

Nous avons entrepris des recherches pour voir jusqu'à quel point les résultats qui font l'objet de la présente Note sont susceptibles de généralisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transposition des acides dérivés de l'acide bromo-5 salicylique par hydrolyse de leurs sels de bromomagnésium.* Note ⁽¹⁾ de MM. **RAYMOND QUELET** et **MARCEL PATY**, présentée par M. Marcel Délépine.

Nous avons montré ⁽²⁾ que l'acide bromo-5 salicylique, de même que ses éthers-oxydes (acide méthoxy-2 bromo-5 salicylique par exemple) se transposent quantitativement lors de l'hydrolyse de leurs sels de bromomagnésium, en donnant des acides dérivés de l'acide bromo-3 hydroxy-4 benzoïque.

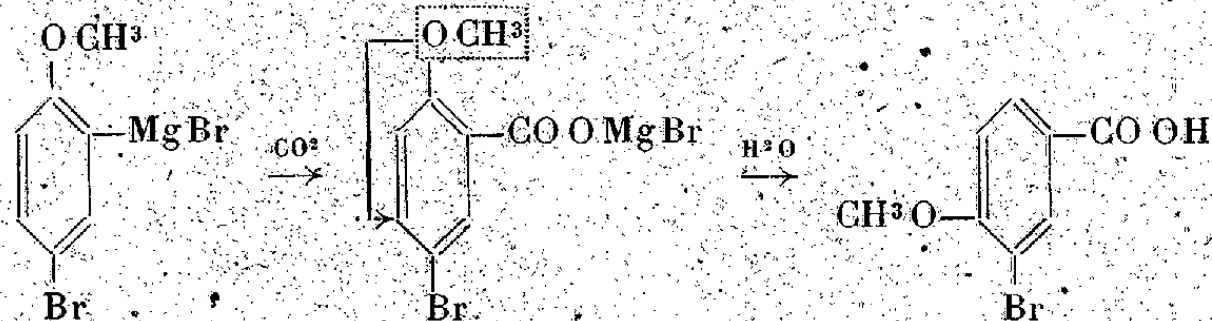
L'hypothèse qui vient immédiatement à l'esprit pour expliquer cette trans-

⁽¹⁾ Séance du 26 février 1945.

⁽²⁾ M. PATY, *Comptes rendus* 214, 1942, p. 910; R. QUELET et M. PATY, *ibid.*, 217, 1943, p. 229.

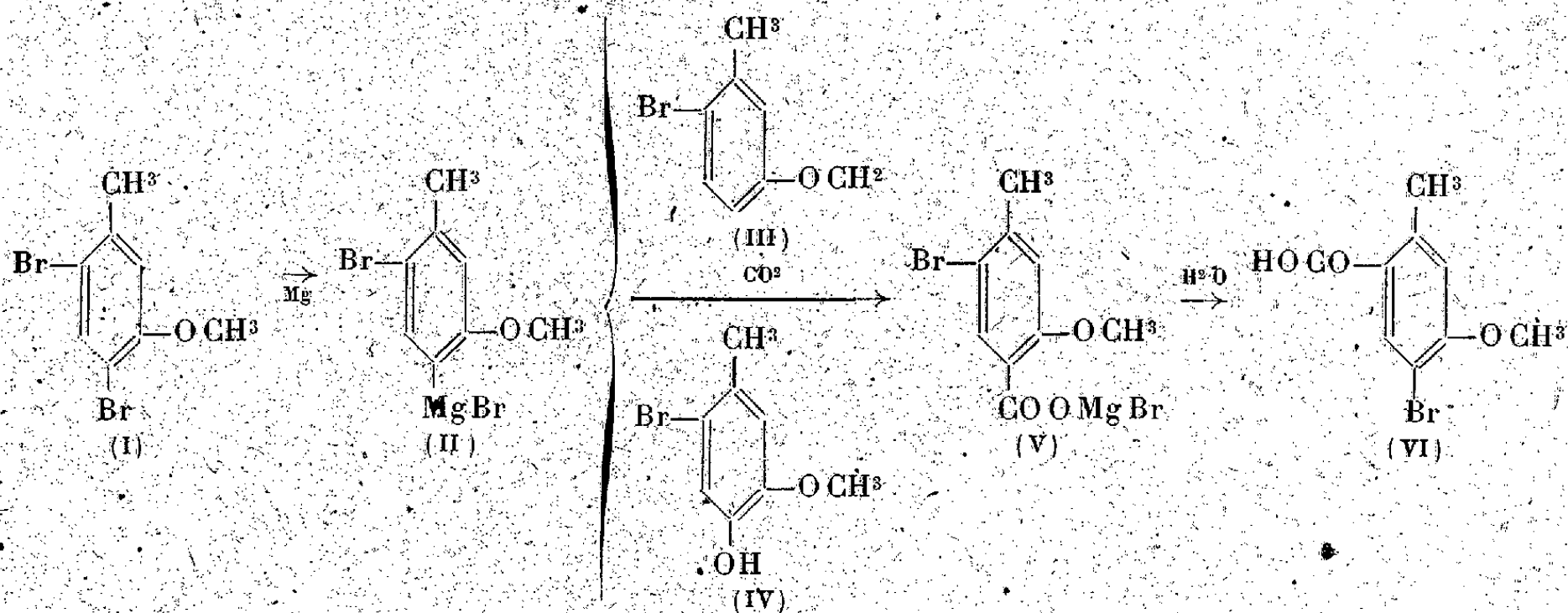
position consiste à supposer qu'il y a, en définitive, permutation entre le groupement carboxyle et l'atome de brome situés en méta l'un par rapport à l'autre.

Mais, dans les composés que nous avons envisagés, acide bromo-5 salicylique ou son éther méthylque, on peut supposer également que le passage des acides initiaux aux acides transposés s'effectue par migration de la fonction phénolique ou éther-oxyde phénolique de la position ortho à la position para par rapport à la fonction acide. Par exemple, dans le cas de la carbonatation du magnésien du dibromo-anisol, on aurait :



Dans le but de préciser ces faits, nous avons soumis à l'expérience un composé dans lequel le déplacement du groupement OCH_3 est rendu impossible par la présence d'un groupement méthyle en para de la position occupée par la fonction acide avant la transposition. Nous avons utilisé pour cela, comme produit de départ, le dibromo-4.6 méthoxy-3 toluène (I), qui, par action du magnésium, donne un monomagnésien dont la carbonatation devrait conduire normalement à l'acide méthoxy-3 bromo-6 para-toluique (V).

En effet l'hydrolyse de ce magnésien donne, avec un rendement de 75 %, du bromo-6 méthoxy-3 toluène (III); son oxydation conduit au bromo-6 hydroxy-4 méthoxy-3 toluène (IV) (rendement 28 %). Par carbonatation et hydrolyse du complexe obtenu, on obtient exclusivement l'acide bromo-5 méthoxy-4 méthyl-2 benzoïque (VI) (rendement 45 %), c'est-à-dire l'acide transposé résultant d'une permutation entre la fonction acide et l'atome de brome :



Dibromo-4.6 méthoxy-3 toluène ($C^8H^8OBr^2$) (I). — A été préparé en traitant à -5° le méta-crésolate de méthyle par la quantité calculée de brome en dissolution dans CCl_4 (Rendit 75 %).

E_d 152-153°, prismes (alcool) F 77°.

Action sur le magnésium. — Réaction rapide, après amorçage par le brome. L'hydrolyse du complexe obtenu à partir de 28^s de dérivé dibromé fournit 1^s de méta-crésolate de méthyle et 15^s de bromo-6 méthoxy-3 toluène (III), ce qui correspond à 8 % de dimagnésien et 75 % de mono-magnésien.

Après action de l'oxygène sur ce complexe, on n'a pu isoler que le composé monohydroxylé correspondant au mono-magnésien. Il s'agit du bromo-6 hydroxy-4 méthoxy-3 toluène, $C^8H^8O^2Br$ (IV), aiguilles (alcool), F 79°5, obtenu antérieurement par bromuration du créosol (²). Par réduction sur nickel de Raney en présence de HOK, on repasse au créosol $C^8H^{10}O^2$, E_d 107-108°, n_D^{20} 1,5380.

La saturation du magnésien par CO^2 , suivie de l'hydrolyse, conduit à un seul acide (11^s à partir de 28^s de dibromo méta-crésolate de méthyle), aiguilles (alcool), F 231-232°, auquel l'analyse assigne la formule $C^9H^9O^3Br$. Il s'agit de l'acide bromo-5 méthoxy-4 méthyl-2 benzoïque (VI). En effet, après élimination du brome par réduction catalytique, on aboutit à l'acide méthoxy-4 méthyl-2 benzoïque, F 176° (⁴). Si la transposition ne s'effectuait pas, on obtiendrait, après réduction, l'acide méthoxy-2 méthyl-4 benzoïque, F 103° (⁵).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'addition du cyclohexène à quelques hydrocarbures aromatiques polycycliques.* Note (¹) de MM. **BUU-HOI** et **PAUL CAGNIANT**, présentée par M. Marcel Delépine.

On connaît la facilité avec laquelle le cyclohexène réagit avec les hydrocarbures aromatiques. Mais, si la constitution des produits de la cyclohexylation est facile à déterminer lorsque les molécules de départ sont simples, il n'en est plus de même lorsque celles-ci sont des hydrocarbures polycycliques compliqués, et surtout lorsque plusieurs molécules de cyclohexène entrent en réaction.

En ce qui concerne le naphthalène, Pokrowskaja et Stepanzewa ont montré que l'addition de 2^{mol} de cyclohexène à 1^{mol} de ce carbure donne naissance à un dicyclohexylnaphtalène F 150-151°, dont ces chimistes n'ont pas indiqué la constitution. Comme la monocyclohexylation conduit principalement au β -cyclohexylnaphtalène, on peut admettre que le dicyclohexylnaphtalène

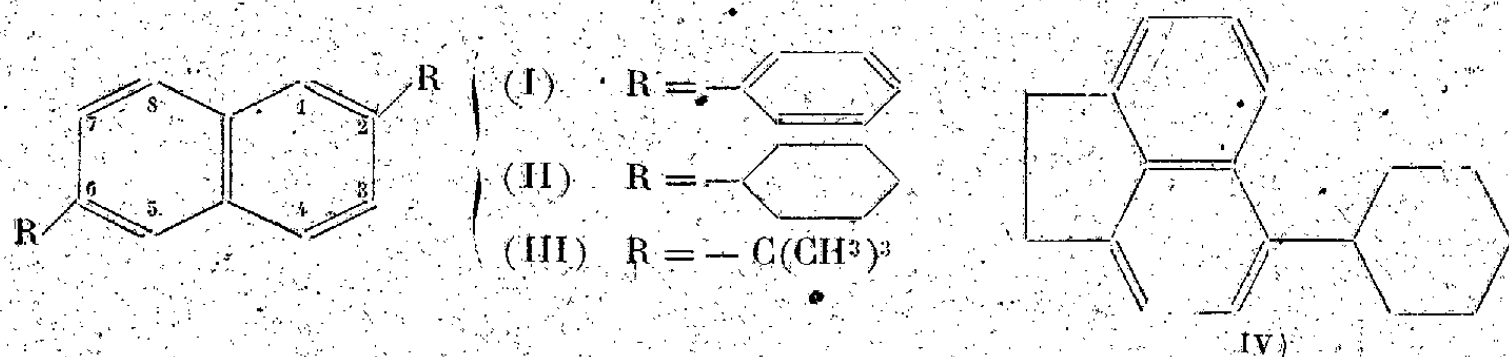
(²) KRAUM et CRÉDE, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 1438; ERDMAN, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 143, 1933, p. 177; TOMITA, *Journ. Pharm. Soc. Japan*, 54, 1934, p. 165.

(⁴) SCHALL, *Ber. d. chem. Ges.*, 12, 1879, p. 824.

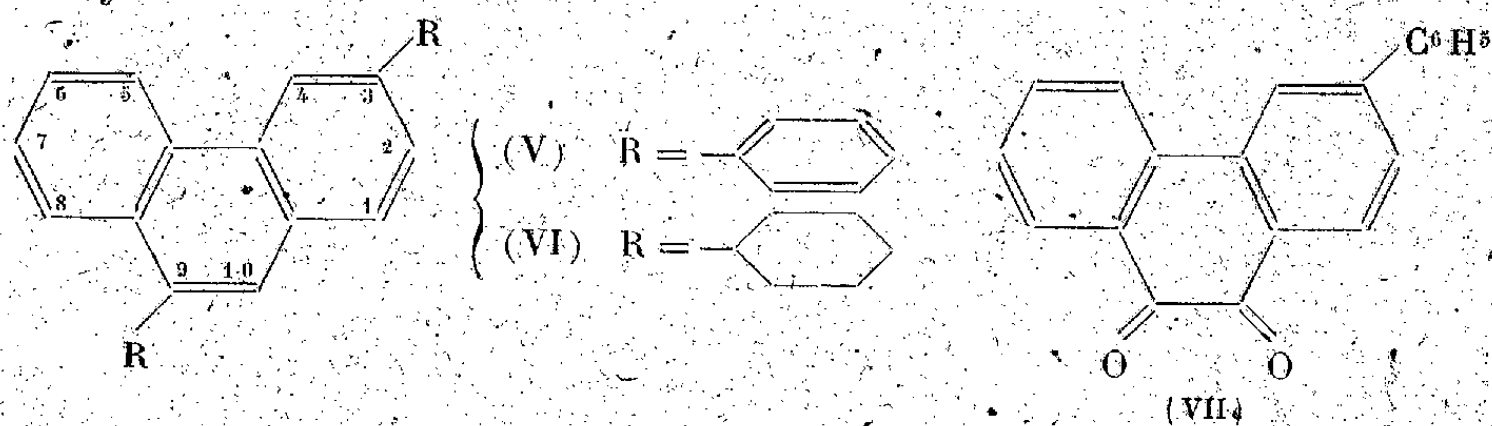
(⁵) BÉHAL et TIFFENEAU, *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, 3, 1908, p. 731.

(¹) Séance du 26 février 1945.

dérive de ce dernier corps et que, par conséquent, seule reste à fixer la position du 2° cyclohexyle. En vertu des règles de substitution connues en série naphthalénique, ce dernier cyclohexyle ne peut se trouver que soit en 1, soit en 6, soit en 7 par rapport au premier. Or la déshydrogénation au moyen du sélénium nous a fourni un corps F 235°, différent des diphenyl-1.2-naphtalène (F 110°) et diphenyl-2.7-naphtalène (F 143°) déjà connus. Il en résulte que c'est le diphenyl-2.6-naphtalène (I), et que le corps dont il dérive est le dicyclohexyl-2.6-naphtalène (II). Les points de fusion élevés de ces deux corps concordent bien avec le fait que, chez les diméthylnaphtalènes, c'est le dérivé 2.6



qui a le point de fusion le plus haut. Par raison d'analogie, on peut admettre que le ditertiobutylnaphtalène F 132° décrit par Zuckerwanik et Terentjewa est également un dérivé 2.6 (III). La cyclohexylation de l'acenaphtène nous a fourni surtout un dérivé monosubstitué qui, selon toute vraisemblance, est le cyclohexyl-5-acenaphtène (IV); à côté de ce corps nous avons obtenu un mélange de dicyclohexylacenaphtènes liquide. Dans le cas du phénanthrène, le produit principal de réaction est un dérivé dicyclohexyle. L'un des radicaux se trouve en 9 ou en 10, car il est éliminé par l'oxydation chromique; d'autre part la déshydrogénation par le sélénium conduit à un diphenylphénanthrène de F très élevé, indice d'une structure symétrique. Ces faits, joints à l'analogie avec le cas déjà élucidé par nous-mêmes de la ditertiobutylation du phénanthrène, conduisent à attribuer à notre diphenylphénanthrène et au produit dodécahydré dont il dérive la structure 3.9 [(V) et (VI)]. La quinone qu'on obtient par oxydation de (VI) est alors la phényl-3-phénanthrènequinone-9.10 (VII); CrO_3 provoquant en même temps l'aromatisation du radical cyclohexyle restant.



En résumé, l'addition du cyclohexène aux hydrocarbures polycycliques suit nettement dans certains cas la règle de moindre dissymétrie électrique que nous avons déjà énoncée à propos de la ditertiobutylation.

MODE EXPÉRIMENTAL. — 1° Action du cyclohexène sur le phénanthrène. — 50^s de phé-

nanthrene sont additionnés de 50^s de cyclohexène, puis on ajoute, tout en agitant, 20^s de Cl^3Al en l'espace d'une heure (la température s'est alors élevée jusqu'à 45°). On continue l'agitation pendant une autre heure, et décompose le produit brun très visqueux obtenu par la glace chlorhydrique. On reprend par le benzène et traite comme d'ordinaire. A la distillation sous haut vide, on recueille, jusqu'à 200° sous 0^{mm}, 1, 10^s d'une huile épaisse renfermant, outre du carbure inaltéré, des monocyclohexylphénanthrenes irrésolubles en corps définis, même après plusieurs rectifications; puis, entre 200 et 250°, on a 30^s d'une fraction, qui, à la rectification, passe à 225°, et se solidifie aussitôt en une pâte cristalline. Après 3 recristallisations dans le benzène alcoolisé, on aboutit à de très belles aiguilles soyeuses incolores, peu solubles dans l'alcool et la ligroïne, et fondant à 210° : c'est le *dicyclohexyl-3.9-phénanthrène* $\text{C}^{26}\text{H}^{30}$, dont le picrate cristallise du benzène en fines aiguilles soyeuses jaune vif, se décomposant vers 210°; la combinaison d'addition avec le trinitro-r.3.5 benzène constitue de longues aiguilles feutrées jaune vif aisément dissociables par les solvants. Le résidu de la distillation du dicyclohexylphénanthrène est constitué par une résine dure et cassante, jaune, et présentant une vive fluorescence verte. 2° *Diphényl-3.9-phénanthrène* $\text{C}^{26}\text{H}^{18}$ (V). — 3^s du carbure (VI) sont chauffés avec 5^s de sélénium à 340-360° pendant 24 heures; après refroidissement on obtient une masse cristalline dure qu'on fait cristalliser plusieurs fois dans le xylène bouillant (le produit est insoluble dans l'alcool, et très peu soluble dans le benzène). On aboutit à de petits feuillets brillants incolores, F 304°, ne donnant pas de picrate, et s'oxydant par CrO^3 acétique en un produit orangé mal défini. 3° *Phényl-3-phénanthrènequinone-9*. 10 $\text{C}^{20}\text{H}^{12}\text{O}^2$. — 10^s du carbure (VI) sont dissous dans 60^s d'acide acétique bouillant, et traités par une solution de 25^s de CrO^3 dans 100^s d'acide acétique. La réaction est violente, et fournit 10^s d'une quinone se séparant de l'acide acétique (peu soluble) en croûtes formées d'aiguilles orangées F 188-189°. Par combinaison avec l'*o*-phénylènediamine, il se forme une *phénylphénanthrophénazine* $\text{C}^{26}\text{H}^{16}\text{N}^2$ cristallisant de l'acide acétique (qui le dissout fort mal) en touffes d'aiguilles feutrées jaune verdâtre fondant vers 320° avec suintement préalable, et se colorant en rouge brun par SO^4H^2 . 4° *Cyclohexyl-5-acénaphène* $\text{C}^{18}\text{H}^{20}$ (IV). — On opère la cyclohexylation de l'acénaphène de la même manière que pour le phénanthrène : on isole sans difficultés le carbure (IV), qui bout à 236° sous 13^{mm} et cristallise de l'alcool (où il est peu soluble) en belles touffes d'aiguilles incolores, brillantes, F 84°. Le picrate forme des aiguilles orangé vif dissociables, F 98°; le trinitrobenzénate-1.3.5 cristallise du mélange benzène + ligroïne en fines aiguilles soyeuses jaune vif, F 106°. La déshydrogénation fournit un produit liquide; le mélange de dicyclohexylacénaphènes (E_{10} vers 270-275°) obtenu à la suite de (IV) est également liquide. 5° *Diphényl-2.6-naphtalène* $\text{C}^{22}\text{H}^{16}$. — En opérant sur le naphtalène comme sur les carbures précédemment étudiés, on obtient facilement le dicyclohexyl-2.6-naphtalène (E_{11} 265-268°; F 149-150°) donnant un picrate extrêmement dissociable. 3^s de ce carbure sont chauffés 24 heures avec 5^s de Se à 340-360° : la masse obtenue cristallise du toluène en belles paillettes incolores, nacrées, F 234°, très peu solubles dans l'alcool, peu solubles dans le benzène et ne fournissant ni picrate ni trinitrobenzénate isolables.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Caractères cristallographiques du glucose diéthylmercaptal, de l'éthylthiogluco-side, des bromure et iodure de triméthylammonium du (I)-tétra-acétylglucoside et de l' α .d-glucoseptulose.* Note (1) de M^{me} YVONNE KROUVINE et M^{lle} CÉCILE STORA.

La détermination de l'aspect spatial de certaines molécules organiques, celle des sucres en particulier s'est longtemps heurtée à d'insurmontables difficultés.

(1) Séance du 19 février 1945.

Pour les tourner; Patterson, Robertson, Cox et Jeffrey ⁽²⁾ ont proposé récemment d'étudier des molécules dérivées renfermant un atome plus diffractant que les atomes de carbone, d'oxygène ou d'azote et susceptibles de former des séries de cristaux isomorphes.

Dans cet ordre d'idées, nous avons commencé l'étude des caractères cristallographiques du glucosediéthylmercaptopal, de l'éthylthiogluco-side, des bromure et iodure de triméthylammonium(I)-tétracétylglucose. Nous avons en outre défini le groupe spatial de l' α -D-glucoseptulose que nous avons dans notre collection de glucides.

Les constantes linéaires et angulaires du réseau cristallin furent établies aux rayons X par les méthodes de Laue, du cristal tournant (enregistrement sur tambour tournant de Robinson) et du cristal tournant, pour le rayonnement $K\alpha$ du cuivre.

Les cristaux de *glucosediéthylmercaptopal* (méthode de Fischer) sont de fines aiguilles, allongées, aplaties suivant (001), possédant un angle au sommet de $110^\circ,9$. Leur extinction le long de b est rigoureusement droite. Aux rayons X ils sont monocliniques. La moyenne des densités obtenues pour les sucres étant de 1,4, il ne peut y avoir que 2 molécules dans la maille élémentaire. La densité calculée est alors de 1,345. Les réflexions observées sont h, k, l , à tous les ordres; h, o, l , à tous les ordres et OKO pour $K = 2n$ seulement, critères du groupe spatial $P_2 = C_2$.

	Périodicités de translation en Å			Système cristallin.	Groupe spatial.	Nombre de molé- cules.	Angle du système.	Densité calculée.
	$a.$	$b.$	$c.$					
Glucose mercaptal.	8,4 ₉	5,9 ₀	14,0 ₂	MO	P_2	2	$92^\circ 6$	1,345
Thiogluco-side.	8,8 ₈	5,6 ₇	11,1 ₄	MO	P_2	2	109°	1,385
Bromure de T.T.A.G.	8,5 ₀	10,8 ₇	24,3 ₇	O	$P_2, P_{2,2,2}$	4	—	1,237
Iodure de T.T.A.G.	8,4 ₇	10,8 ₈	24,3 ₉	O	$P_{2,2,2}$	4	—	1,375
Glucoseptulose.	8,2 ₄	6,7 ₇	15,0 ₄	O	$P_{2,2,2}$	4	—	1,652

MO, monoclinique; O, orthorhombique.

Les cristaux d'*éthylthiogluco-side*, préparés par la méthode de E. Pascu, ont un aspect analogue. Ce sont des aiguilles très allongées, aplaties suivant (100), de petite face (101) et de l'angle au sommet 133° . Leur extinction le long de l'axe b est droite. Aux rayons X, ils sont également monocliniques (tableau). Leur densité calculée est de 1,385; le nombre de molécules dans la maille élémentaire est égal à 2. Ils appartiennent au même groupe spatial $P_2 = C_2$ que le glucose diéthylmercaptopal.

Les bromure et iodure de triméthylammonium du tétracétylglucose, obtenus par la méthode de P. Karrer et Smirnoff, à partir de l'acétobromoglucose et

(2) A. L. PATTERSON, *Zeits. Krist.*, 90, 1935, pp. 517, 543; J. M. ROBERTSON, *Nature*, 143, 1939, p. 75; COX et JEFFREY, p. 894.

du bromure ou de l'iodure de triméthylamine, sont isomorphes, le bromure cristallisant mieux que l'iodure. Les cristaux appartiennent, en apparence, au système orthorhombique. Conformément aux résultats de P. Karrer et Ter Kuile, on observe les faces m , les pinacoïdes g , et la troncature des sommets e . Ils sont allongés tantôt suivant b , tantôt suivant c . Les rayons X confirment leur symétrie orthorhombique. Avec 4 molécules dans la maille élémentaire, la densité calculée du bromure serait de 1,237 et celle de l'iodure de 1,375. L'iodure et le bromure ont même groupe spatial $P_2, P_{2,2} = D_2$.

Les formes extérieures des cristaux de l' α -D-glucuheptulose (méthode de M. C. Austin) sont m, p, h, g . Ils sont orthorhombiques, ressortissent au groupe spatial $P_{2,2,2} = D$, possèdent 4 molécules dans la maille et une densité calculée de 1,652.

La structure moléculaire ne saurait être envisagée à ce stade de l'analyse cristalline. On remarque seulement que les nombres de la première colonne sont assez voisins d'un multiple de 4,5 Å, ceux de la deuxième colonne, d'un multiple de 5,5 Å, valeurs déjà admises par la majorité des auteurs pour l'épaisseur et la largeur moyennes d'une unité moléculaire d'un sucre pyranique. Nos molécules pourraient donc être orientées dans une direction voisine de l'axe c . Effectivement le passage du glucose diéthylmercaptopal au thioglucoside, qui s'effectuerait chimiquement par cyclisation de la chaîne de la première molécule, se manifeste aux rayons X par une diminution de l'axe c .

PÉDOLOGIE. — *Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols.* Note de MM. **GEORGES AUBERT** et **STÉPHANE HÉNIN**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

L'idée initiale de la pédologie était que le sol représente la résultante de l'action du climat sur la roche mère. On devrait donc observer une relation étroite entre les facteurs du climat, précipitation, température et le type de sol formé dans ces conditions. Or les tentatives effectuées dans le but d'établir cette relation n'ont pas été satisfaisantes, les concordances observées étant assez grossières. L'emploi de valeurs complexes telles que l'*indice d'aridité*, tout en améliorant le groupement des observations, n'a pas fait apparaître cependant de limites bien nettes entre les divers groupes de sols.

L'un de nous (*) ayant établi une relation permettant de calculer approximativement l'écoulement d'un lysimètre ou d'un fleuve en fonction de la pluviosité et de la température, nous avons recherché s'il existait une relation entre cet écoulement ou drainage, ainsi calculé, et le type de sols. Dans la relation utilisée, le drainage, exprimé en mètres, $D = P^3 / (1 + \gamma P^2)$, où P représente les précipitations, exprimées en mètres, et $\gamma = 1 / (0,15 t - 0,13)$,

(*) S. HÉNIN et J. TERNISIEN, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 80; S. HÉNIN et M. GODARD, *ibid.*, 219, 1944, p. 559.

t étant la température moyenne annuelle. Le drainage ainsi calculé correspond, d'après les observations qui ont servi de base au calcul, à une roche mère de compacité moyenne, couverte de végétation.

Nous avons calculé les valeurs de D en utilisant les données climatiques correspondant à chacune des localités où avait été observé un type de sol pour 132 cas comprenant : 9 sols gris désertiques ou sols à croûte, 13 sols châtaîns, 42 tchernozems ou sols bruns, 50 podzols et 18 latérités. Les sols de transition ou de type renziniforme n'ont pas été étudiés.

Les résultats montrent que les sols se divisent en 4 groupes suivant l'intensité du drainage. De 0 à 30^{mm}, sols gris désertiques et sols à croûte; de 30 à 90^{mm}, sols châtaîns; de 90 à 200^{mm}, sols bruns et tchernozems; au-dessus de 200^{mm}, sols latéritiques et podzoliques. Par ailleurs ces valeurs limites du drainage paraissent indépendantes de la température, ce qui montre que le drainage calculé constitue un facteur spécifique d'évolution. Remarquons que ce ne serait pas le cas si l'on utilisait la pluie ou l'indice d'aridité; par exemple que, si D est constant, les valeurs limites sur un graphique en p et t ne sont plus constantes mais de la forme $A(0,15t - 0,13) = P'(AP + P^2)$.

D'autre part, il apparaît que les tchernozems et les sols bruns sont intimement mélangés. Ce qui prouve que leur différenciation est due à une autre cause que celles envisagées ici. Il est vraisemblable que chacun de ces types de sol correspond à un climat différent, les tchernozems apparaissant sous un climat nettement continental, et les sols bruns sous un climat se rapprochant du type océanique.

On constate également que, si les sols podzoliques existent sous des températures relativement basses, les sols latéritiques n'existent au contraire que sous des températures supérieures à 19°. Ces types de sols se distinguent nettement des autres, puisqu'ils sont caractérisés par les conditions thermiques.

On observe cependant des valeurs de drainage aberrantes. Par exemple 4 tchernozems sur les 42 cas examinés correspondent à un drainage inférieur à 90^{mm}; de même quelques sols podzoliques apparaissent pour un drainage inférieur à 200^{mm}. Ces écarts s'expliquent ainsi : outre que l'appréciation réelle des données climatiques est délicate, étant donnée l'absence fréquente de données précises, il convient de noter que le calcul ne donne qu'un drainage moyen. Le drainage réel peut donc être différent. En effet nous avons constaté des podzols pour un drainage calculé nettement inférieur à 200^{mm}. Or il s'agit de sols formés sur une roche mère sableuse des environs de Versailles, et nous avons déterminé par des essais lysimétriques, situés au voisinage, la vraie valeur de γ pour ce type de sol. En appliquant cette valeur, le drainage calculé correspond à plus de 200^{mm}. Étant donné que tous les points aberrants observés pour les podzols ont pu être corrigés en utilisant des valeurs de γ comprises entre les limites extrêmes fournies par les expériences lysimétriques, nous ne tenons pas compte de ces exceptions.

Il apparaît ainsi que l'un des facteurs actifs de l'évolution des sols est la quantité d'eau percolant à travers celui-ci, bien que les valeurs calculées ne représentent qu'une approximation de cette donnée. Par ailleurs l'étude des cas aberrants a fait ressortir l'influence des conditions de milieu et permet de comprendre pourquoi, sous un climat donné, on peut voir coexister divers types de sols. Il ne s'agit pas nécessairement de retard dans l'évolution, mais de tendances différentes. Ces observations permettent donc de fixer la tendance moyenne de l'évolution pour des conditions climatiques, précipitations et température données. Les propriétés de la roche mère, ainsi que les autres conditions de milieu (orographie, végétation), peuvent modifier le drainage moyen, ce qui provoque la formation de types de sols différents pour les mêmes valeurs de p et de t . On ne peut donc utiliser ces résultats que pour dégrossir une cartographie à grande échelle. Par ailleurs ils fournissent des bases pour une classification des types pédologiques.

MINÉRALOGIE. — *Les serpentines de l'Anti-Atlas.*

Note (1) de M. GEORGES CHUBERT, présentée par M. Charles Jacob.

Les serpentines de Bou Azzer et d'El Graara ont déjà été étudiées et datées comme précambriennes par J. Bondon (2) et L. Neltner (3). Elles forment ici une traînée presque continue, orientée Est-Ouest au milieu des granites archéens (4). Elles sont recouvertes en discordance par des rhyolites du Géorgien inférieur, mais, par suite de complications tectoniques (dôme d'Arhbar, accident de Bou Frouh à la source du Bordj de Bou Azzer), elles semblent parfois être intimement liées à ces dernières. Leur âge était donc remis en doute.

Pendant mes missions de 1942 et 1943, j'ai pu étudier en détail les principaux massifs de serpentines accompagnées de leur cortège habituel des roches basiques, massifs très développés dans le massif du Siroua.

Orientées selon la direction algonkienne habituelle (Est-Ouest), ces roches forment ici plusieurs alignements, plus ou moins continus.

Le massif le plus important s'étale au Nord d'Amassine (5), de part et d'autre de l'Irhiri, jusqu'aux Ait Makhoulouf (Ighil Berda) à l'Ouest. Il présente une gamme très complète de roches éruptives et cristallophyliennes de la famille des gabbros-diorites et ortho-amphibolites, qui va depuis des pyroxénolites jusqu'aux diorites très pauvres en éléments colorés. En plus des pyroxénolites franches, on rencontre des roches où le

(1) Séance du 26 février 1945.

(2) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 5^e série, 5, 1935, pp. 116-118.

(3) *Notes et Mémoires Service Mines du Maroc*, n° 42, 1938, pp. 74 et 260.

(4) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 289.

(5) L. NELTNER, *loc. cit.*, p. 78.

pyroxène est associé à la serpentine et qui ne peuvent appartenir qu'au groupe des harzburgites-wehrrites, dont l'olivine a subi une transformation complète. La grosseur du grain est également fort variable; dans les pegmatitoides des pyroxénolites, les cristaux peuvent dépasser 5^{cm} de longueur. Ces variétés grenues sont accompagnées d'amphibolites de texture différente avec ou sans feldspaths. Parmi ces dernières, on observe fréquemment des actinotites dont les cristaux aciculaires d'actinote sont tantôt orientés parallèlement, tantôt groupés en rosettes ou sphérolites. Enfin les serpentines contiennent des zones de filonnets d'amiante (mines du Siroua) et sont fréquemment transformées en talc.

Toutes ces roches apparaissent par bandes ou traînées orientées Est-Ouest, et les zones à amphibolites prédominantes alternent avec des massifs de gabbros ou des traînées de serpentines.

Ce massif se superpose au contact Algonkien-Archéen, qui se fait par intermédiaire des laves algonkiennes. Ainsi arrive-t-il fréquemment de rencontrer, au milieu de ces roches basiques, des lambeaux ou lentilles de schistes, quartzites, et même de laves algonkiennes à l'Ouest et au Sud, des passées de micaschistes archéennes au Nord et à l'Est. Inversement, de part et d'autre du massif, des intercalations et lentilles d'amphibolites et surtout de serpentines sont fréquentes, autant dans l'Algonkien que dans l'Archéen (Tachaokcht) ⁽³⁾.

Le massif de granite récent d'Amassine ⁽⁴⁾ touche à peine le complexe de roches basiques. Par contre, le massif de granite ancien d'Asdremt coupe net sa terminaison Sud-Est (Amphibolites). Le phénomène est encore plus net dans le massif de granite orienté des Ait Nebdas ⁽⁴⁾ qui digère les schistes et quartzites algonkiens injectés de lentilles de serpentine et de pyroxénolite. Des enclaves de grandes dimensions, des lentilles, des blocs de quartzite, de serpentine et de pyroxénolite apparaissent fréquemment au milieu de ce granite. D'ailleurs, par endomorphisme, ce dernier se charge d'éléments colorés au contact de ces roches basiques. Signalons aussi le large sill granitique de Tourtit, logé dans les amphibolites et long de plusieurs kilomètres.

La deuxième traînée de roches basiques, dont le terme extrême ne dépasse d'ailleurs pas la pyroxénolite, suit la rive gauche de la profonde et étroite vallée d'Arg, au milieu des schistes et grès algonkiens. Elle est longée, ou traversée, par de nombreux filons, sills, même par de petits massifs lenticulaires de granite. On y rencontre des roches très particulières ayant l'allure de brèches, dont les éléments sont du gabbro et le ciment du granite leucocrate. Aux stades suivants d'assimilation, les éléments de cette brèche s'arrondissent et se transforment en enclaves.

Le troisième alignement est celui de la crête quartzitique d'Askoumt (cote 2156 m). La serpentine, d'ailleurs riche en lits d'asbeste (mines de N'Kob), injecte ici banc par banc un complexe de calcaires algonkiens recristallisés associés aux quartzites. Par suite de la proximité des granites, dont certains recoupent cette formation si particulière, les schistes algonkiens qui l'accompagnent sont profondément métamorphisés et transformés en schistes micacés et en cornes noduleuses.

Enfin un dernier alignement très discontinu, mais le plus important dans le sens Est-Ouest, suit le grand accident tectonique qui traverse l'Anti-Atlas de part en part et forme la limite Sud du massif du Siroua. Tectoniquement cet alignement correspond à l'Est à la traînée des massifs de serpentine de Bou Azzer-El-Graara. Des lentilles de serpentine ou d'autres roches basiques (accompagnées de lambeaux de quartzites algonkiens et de calcaires géorgiens), qui jalonnent cet accident, se retrouvent tout le long du flanc Sud du Siroua jusqu'à Arig dans le Zagmouzène occidental (région de Taliouine).

Cette description succincte suffit pour supprimer tout doute au sujet de

l'âge des serpentines de l'Anti-Atlas. Elles appartiennent à la première venue magmatique algonkienne, antérieure au métamorphisme général et aux deux venues granitiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la présence de stachyose dans deux espèces du genre Scrophularia*. Note ⁽¹⁾ de M^{lle} MARIE-MADELEINE CHOLLET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Bourquelot et Bridel, en 1910, retirèrent de la racine de Molène un tétraholoside nouveau, isomère du stachyose, le verbasose ⁽²⁾.

La présence de ce glucofructodigalactoside dans le Bouillon-blanc révélait une similitude chimique entre cette Verbascée et les Labiées à stachyose. Du point de vue systématique, les Verbascentes étant considérées tantôt comme des Scrophularinées (Rouy, Fournier), tantôt comme constituant un groupe distinct et plus éloigné des Labiées (Coste, Cosson, Bonnier), n'y a-t-il pas, parmi les glucides accumulés par les diverses Scrophularinées dans leurs organes de réserve, un holoside tel que le stachyose ou le verbasose?

De nombreuses recherches effectuées sur les Scrophularinées par Hünefeld, Bourquelot, Bridel, M. Braecke, M. T. Klobb, Charaux, M. Gard et Vintilescu ont permis d'identifier, dans les organes de réserve, le plus souvent du saccharose; parfois de la dulcité ou de la mannite, quelquefois de l'aucubine, glucoside dont les proportions atteignent, dans certains cas, un taux élevé, en relation avec la vie de la plante ⁽³⁾. Nulle mention n'a jamais été faite de l'un des deux tétraholosides.

Cependant, en reprenant le travail fait par Bourquelot, en 1901, sur *Scrophularia nodosa* ⁽⁴⁾, on peut remarquer que le milieu, après action de la sucrase et avant celle de l'émulsine, est demeuré fortement dextrogyre ($\alpha = +1^{\circ}, 13'$), en dépit de l'inversion du saccharose et de la présence d'un glucoside lévogyre. Un principe dextrogyre, dont l'action optique l'emporte sur celle des substances lévogyres présentes, doit exister dans le milieu.

Avant de refaire cette expérience, j'ai étudié *Scrophularia sambucifolia*, Scrophularinée dont les rhizomes volumineux se prêtaient mieux à l'analyse.

Voici les résultats d'une hydrolyse diastasique :

	α .	R.
Solution primitive.....	+2,52	0,64
Après sucrase, 3 heures.....	+2,24	2,40
» » 6 jours.....	+1,42	5,76
Action de la galactosidase, 3 jours.....	+0,16	10,32
Après fermentation.....	-1,04	0
» émulsine.....	+0,24	4,24

⁽¹⁾ Séance du 27 novembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 761.

⁽³⁾ M. BRAECKE, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 155.

⁽⁴⁾ BOURQUELOT, *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 699.

On peut remarquer que l'invertine, sans ralentir son action, se montre active pendant plusieurs jours, l'indice enzymolytique du produit transformé étant constamment de l'ordre de 470, et le milieu, comme dans l'expérience citée par Bourquelot, demeurant fortement dextrogyre.

Il est possible qu'un peu de saccharose ait été hydrolysé. Cependant le mode d'action de la diastase et la valeur de l'indice enzymolytique font présumer l'hydrolyse partielle de la substance dextrogyre présente, cette hydrolyse étant reprise et menée plus avant par un autolysat antiseptique de levure de brasserie.

Le verbascose et le stachyose sont des substances dextrogyres ($+169^{\circ},9$; $+132^{\circ},7$) dont les molécules comportent une liaison α -glucose-fructose. Tributaires de l'invertine, leurs produits d'hydrolyse sont encore fortement dextrogyres ($[\alpha]_D +97^{\circ},9$ pour le mélange fructose-mannitriose), et ils se transforment par action de la galactosidase en un mélange de 4 molécules d'hexoses : 1 glucose + 1 fructose + 2 galactoses ($[\alpha]_D +38^{\circ},7$).

La présence d'un glucoside dans le milieu empêchait de calculer les pouvoirs rotatoires, mais par concentration de la solution et par introduction d'alcool nous avons pu obtenir le polyholoside cristallisé.

Les cristaux, en forme de tablettes irrégulières, sont très solubles dans l'eau, assez peu solubles dans l'alcool. (40^e d'alcool à 80° ont dissous 100^{ms} à la température de 15°.)

Chauffés à l'étuve à 115°-120°, ils perdent 11 % de leur poids d'eau. Déshydratés, ils subissent, au bloc Maquenne, une fusion pâteuse vers 160°. A 170° ils fondent instantanément.

Solubilisée dans l'eau, la solution n'est pas réductrice. Son pouvoir rotatoire, égal à $+133$ pour le produit hydraté et à $+147^{\circ},6$ pour le produit anhydre, s'abaisse à $+93$ par action de l'invertine et à $+39$ par hydrolyse sulfurique, tandis qu'il apparaît du réducteur dans le milieu. Par oxydation nitrique cette solution donne une abondante précipitation d'acide mucique.

Toutes ces propriétés sont celles du stachyose. *S. sambucifolia* accumule donc, et en grande quantité (10-11^e pour 100^e de poids frais), du stachyose dans ses rhizomes.

La même méthode appliquée à *S. nodosa* nous a donné les mêmes résultats. La réserve glucidique y est moins considérable (2^e,83) et la proportion de stachyose inférieure. Nous avons pu néanmoins obtenir ce dernier corps cristallisé.

Hydrolyse diastasique de *S. nodosa* :

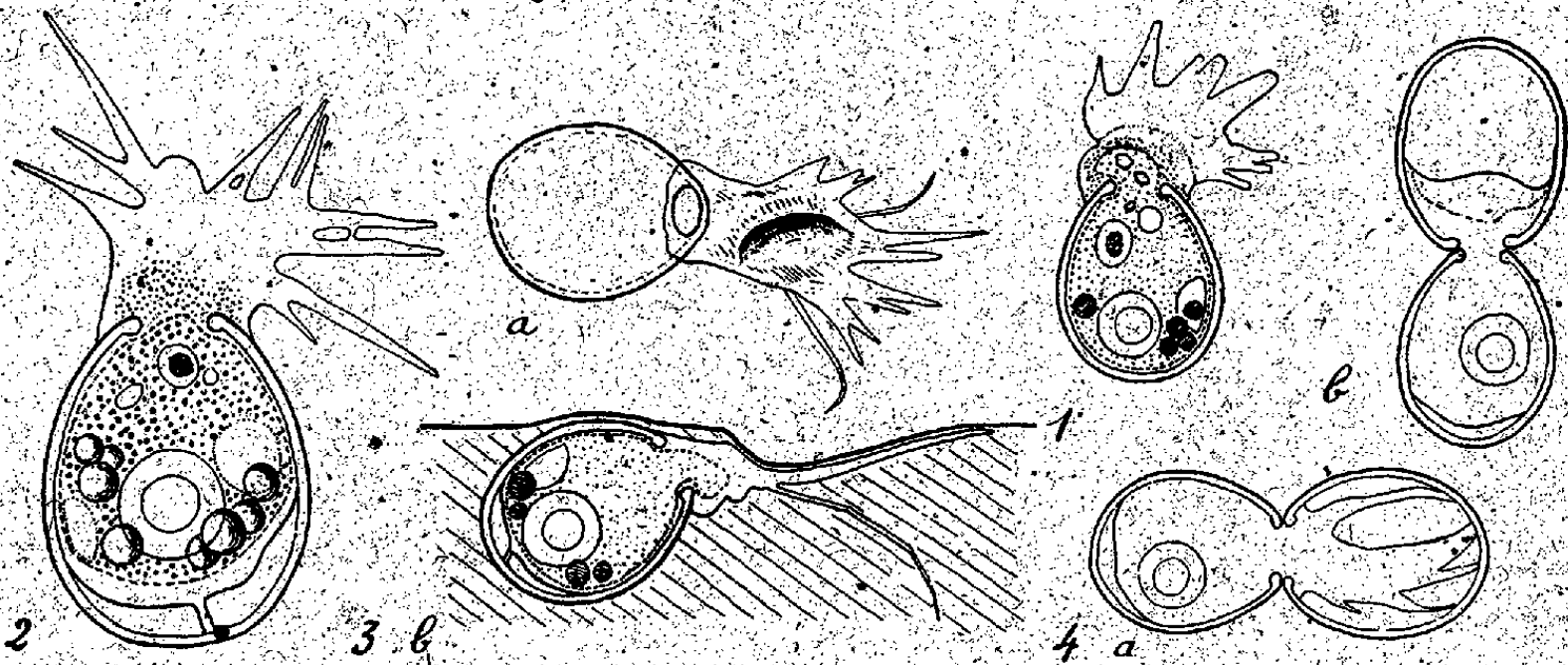
	α	R.
Solution primitive.....	+56	1,33
Après sucrase, 6 jours.....	+50	1,51
» galactosidase, 3 jours.....	+20	2,12
» émulsine.....	+48	2,73

Ainsi le stachyose est présent, bien qu'en proportions différentes, dans les deux Scrophularinées étudiées. Bourquelot, n'ayant considéré que l'action de l'invertine sur la liqueur d'extraction de *S. nodosa*, l'avait pris pour du saccharose. Dans leurs recherches sur les glucides des Scrophularinées; les divers auteurs se sont, le plus souvent, contentés d'identifier le saccharose par l'invertine. Il est permis de se demander si le saccharose ainsi décelé ne pourrait pas, lui aussi, au moins dans certains cas, être identifié avec le stachyose.

PROTISTOLOGIE. — *États cytoplasmiques chez un Thécamœbien, la Cryptodiffugia oviformis Pén; l'ectoplasme au contact des surfaces.*
Note (1) de M. LOUIS ZIEGLÉ, présentée par M. Maurice Caullery.

Sur des animaux d'un clone dont on a vu les formes normales d'équilibre en milieu gélosé homogène, on a étudié les formes prises par l'ectoplasme au contact des surfaces. On peut les considérer comme résultant de l'équilibre entre les forces physiques d'étalement et les forces physiologiques.

I. *Structure normale au contact d'une surface solide plane*, réalisée par une lamelle de verre. — Le pseudopode, déjà développé, qui est amené au contact



par sa surface latérale, s'étale en une lame à bords sensiblement parallèles, et dont l'extrémité tronquée mouille seule parfaitement le verre (*fig. 1*). Le contact occasionnel du pseudopode développé en milieu homogène, qui, en s'allongeant, arrive à toucher la lamelle, s'accompagne de même de l'étalement partiel de son extrémité. Il y a donc mouillabilité parfaite du verre par l'ectoplasme des

(1) Séance du 26 février 1945.

régions atteintes par la *solation*. Lorsque le panache buccal rampe à la surface du verre, il n'y a plus les hernies hyalines, brusquement établies à la faveur d'une solation très locale et qu'on observait en milieu homogène, mais des lobes qui grandissent progressivement par tout leur contour (comme chez les Amibes du type *Limax*). La solation superficielle qui permet l'étalement de ces lobes se restreint à leur extrémité à mesure qu'ils se développent, et leur impose un contour triangulaire, tandis que leurs bords radiaux se gélifient. Ces pseudopodes ne peuvent donc confluer que par leur région terminale; l'espace vide délimité par cette anastomose est comblé par l'étalement rétrograde d'une lame ectoplasmique, qui gagne de la région où il y a encore mouillage jusqu'à la base des pseudopodes (*fig. 2*).

Le phénomène physiologique limitant l'étalement est donc la *gélation* superficielle. Elle diffère de la gélation en milieu homogène, car elle ne s'accompagne pas de l'apparition d'une structure granuleuse de l'ectoplasme, telle qu'on la retrouve dans les régions du pied non étalées sur la surface.

II. *Variations de l'équilibre avec les caractères de la surface.* — Si la surface envisagée est l'interface *film aqueux superficiel de la gélose-huile de Cèdre*, les forces physiques d'étalement l'emportent sur les forces physiologiques et la lame ectoplasmique s'étend, puis se fige. Au contraire, l'interface *film aqueux superficiel de la gélose-air*, offerte à l'animal normalement plongé dans la gélose, fournit la possibilité d'un équilibre. Les pseudopodes développés superficiellement peuvent rompre le contact avec la surface et, se rétractant, s'enfoncer dans le milieu par leur extrémité effilée et infléchie (*fig. 3.b*).

Les forces physiologiques l'emportent et éliminent les phénomènes de mouillabilité lorsque la surface offerte à l'animal est celle de sa propre thèque. C'est ainsi que la base du pied ne mouille pas la région buccale de la thèque. De même, au pôle aboral, l'ectoplasme ne mouille pas la surface interne, pourtant concave, de la thèque, propriété qui semble liée à la thèque fonctionnelle elle-même et non à l'ectoplasme aboral.

L'aspect du panache buccal d'un animal qui a développé ses pseudopodes à l'intérieur de la thèque vide d'un de ses congénères, est identique à celui obtenu sur une surface plane. D'autre part, si, chez l'animal vivant, on ouvre la thèque dans sa région postérieure, on constate que l'ectoplasme aboral reste décollé de la surface interne, mais mouille les lèvres de la fente.

Enfin phénomènes physiques et physiologiques, s'associant, permettent la progression. Celle-ci résulte de la contraction du pied, dont la région frontale, étalée sous la surface et liée à elle par les forces d'adhésion, fournit le point fixe. Lorsque cette surface est déformable (cas de l'étalement sous le film de gélose), une dépression y apparaît et localise la traction (*fig. 3 a et b*); le phénomène, peut-être explicable par le raccourcissement de la membrane

observé par von Gelei ⁽²⁾ chez des Amibes, est périodique. On retrouve cette traction, indépendante d'une progression, chez l'animal étalé dans la thèque vide de son congénère. Son eutoplasme oral se rassemble périodiquement dans la région buccale, tandis que les pseudopodes s'effacent (*fig. 4 a et b*).

Ainsi réalisée, la progression a lieu par à-coups dans le milieu, où la thèque laisse une piste sinueuse.

GÉNÉTIQUE. — *Variabilité de la proportion des phénotypes dans la ségrégation en F₂ d'un croisement entre deux races de Drosophila melanogaster*. Note de M. SABBAS CHELELOVITCH, présentée par M. Émile Roubaud.

La distribution à peu près normale des écarts entre les valeurs théoriques et les résultats expérimentaux dans la ségrégation en F₂, calculés pour un grand nombre de couples du même croisement ⁽¹⁾, peut faire supposer que la probabilité d'apparition des différents phénotypes est la même pour tous les couples mis en expérience.

Ce résultat n'exclut cependant pas la possibilité d'une autre hypothèse : la loi des probabilités à laquelle obéit la ségrégation peut ne pas être fixe, mais varier d'un couple à l'autre. Si cette probabilité fluctue autour d'une moyenne, la courbe de la distribution des écarts, obtenue avec une série de couples pris au hasard, peut s'approcher de la courbe normale.

Pour décider entre ces deux possibilités, j'ai constitué plusieurs séries de cultures en pratiquant les croisements consanguins entre frères et sœurs de la F₁.

Tous les descendants des cultures d'une série appartenaient ainsi à la même famille; ils provenaient tous d'un seul couple de grands-parents homozygotes.

Si la première des deux hypothèses formulées plus haut était vraie, les écarts entre les moyennes obtenues pour les différentes séries, ainsi qu'entre ces moyennes et la moyenne théorique, devraient être minimales. Dans le cas contraire, la deuxième hypothèse deviendrait probable.

Mes expériences ont été faites avec les hybrides de *Drosophila*, souche sauvage *Ore Rc* × *ebony*.

Neuf séries en tout ont été étudiées. Ces neuf séries se répartissent entre deux expériences, la première de cinq séries, la deuxième de quatre.

Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau ci-après.

⁽²⁾ *Biol. Zentralbl.*, 54, 1934, p. 264.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 253.

Série.	Nombre			Écart ^(a) .		Moyenne arithmétique et son écart type (%).	Écart ^(b) .	
	de cultures composant la série.	d'individus						
		total.	ebony.	+	-		+	-
<i>Première expérience.</i>								
A....	31	1264	312	14	17	24,7 ± 1,21	-	-
B....	32	1551	348	6	26	22,44 ± 0,96	12	20
C....	29	1002	242	13	16	24,15 ± 1,40	-	-
D....	23	769	199	13	10	25,88 ± 1,53	-	-
E....	39	2023	536	21	16	26,5 ± 0,86	16	23
<i>Deuxième expérience.</i>								
F....	25	2217	562	13	11	25,3 ± 0,84	-	-
G....	50	3903	923	19	30	23,65 ± 0,61	22	28
H....	18	1736	397	5	11	22,9 ± 1,22	8	10
I....	37	3638	910	19	17	25,01 ± 0,59	-	-

(^a) Sur la moyenne théorique. Nombre de cultures présentant un écart.

(^b) Sur la moyenne arithmétique. Nombre de cultures présentant un écart.

Si l'on additionne les résultats des cinq séries composant la première expérience, aussi bien que ceux des quatre séries composant la deuxième expérience, on voit que ces résultats globaux ne diffèrent pas beaucoup des prévisions théoriques.

Pour la première expérience, on obtient un écart de $-15,25$ ebony, tandis que $\sigma = 40,8$.

Écart moyen réduit, $\mu = 0,5496$. Écart quadratique réduit, $Q = 0,6752$.

Pour la deuxième expérience l'écart est $-81,5$; $\sigma = 53,5$; $\mu = 0,5389$ et $Q = 0,6476$.

Les écarts se disposent aussi plus ou moins symétriquement autour de la moyenne. On obtient, dans la première expérience, 67 écarts positifs et 85 négatifs; dans la deuxième, 56 positifs et 69 négatifs.

Si l'on étudie maintenant les résultats série par série, on voit que les valeurs obtenues pour les moyennes, dans les différentes séries, varient entre 22,44 % (série B) et 26,5 % (série E), que les écarts entre ces moyennes et la moyenne théorique dépassent, pour deux séries sur neuf, 2 σ . Cet écart est égal pour la série B à 2,7 σ et pour la série G à 2,2 σ .

La différence entre les moyennes des séries B et E, toutes les deux appartenant à la première expérience, est égale à 3,17 σ , ce qui correspond à peu près à une chance contre 400 pour que les deux séries obéissent à la même loi de probabilités.

On peut donc conclure que, dans toutes les séries étudiées, la distribution des écarts était normale autour de la moyenne arithmétique de la série. (Ceci

n'est pas toujours vrai pour la distribution des écarts autour de la moyenne théorique. Série B, par exemple, avec 6 écarts positifs et 26 négatifs.)

Ces moyennes arithmétiques diffèrent cependant d'une série à l'autre et se distribuent des deux côtés de la moyenne théorique.

Quoique les écarts entre la proportion théorique et les moyennes obtenues pour les différentes séries ne soient pas très importants, ils le sont néanmoins assez pour nous permettre de formuler des doutes sur l'infailibilité de la conception purement qualitative du génotype, conçu comme une entité fixe, non sujette aux variations quantitatives, et, depuis Johannsen, opposé à cet égard au phénotype, concept quantitatif, à la variabilité duquel on attribue toute la variabilité au sein d'une lignée pure.

A 15^h 45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 25^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES PRÉSENTÉS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1945.

Le problème de la réactivité des combustibles solides, par HENRI GUÉRIN. Paris, Dunod, 1945; 1 vol. 25^{cm}.

Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences. Tome VIII, fascicule 2, 1942. Nancy, Berger-Levrault, 1942; 1 vol. 25^{cm}.

Id. Tome IX, fascicule 1, 1944. Paris, Berger-Levrault, 1944; 1 vol. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la production de ferments protéolytiques très actifs par le B. subtilis, cultivé dans des milieux à base de matières végétales. Conséquences.*
Note de MM. GASTON RAMON, RÉMY RICHOU et PAUL RAMON.

Nous avons fait connaître ⁽¹⁾ les résultats obtenus dans l'obtention de ferments microbiens tels que protéases et amylases, à partir de germes divers, bacille tétanique, *B. subtilis* par exemple, cultivés sur milieux préparés à l'aide de digestion papainique de viande de cheval.

Dans de nouveaux essais, nous avons examiné la production de ferments protéolytiques solubles, par différents microbes tels que les *Thyothrix*, le *B. mesentericus*, le *B. subtilis* etc., mis en culture dans des milieux à base, non plus de produits animaux, mais de matières végétales. Nous nous bornerons à exposer ici nos recherches concernant le *B. subtilis*.

Après une première série d'investigations, au cours de laquelle nous nous sommes servis de bouillons de haricot, de bouillons de haricot et de soja etc., qui sont souvent utilisés pour de semblables cultures, nous nous sommes adressés aux milieux à base de son de blé, additionnés ou non de substances telles que la farine d'orge, l'orge maltée, le tapioca, l'extrait de malt, l'acétate de soude etc., qu'une expérience déjà longue nous avait révélés comme plus ou moins favorables à la production des toxines microbiennes ⁽²⁾, dont on connaît les analogies avec les ferments microbiens.

Nous avons ainsi établi un certain nombre de formules de milieux dont voici quelques-unes :

a. Simples décoctions de son (30 à 50^g par litre), filtrées sur papier, ajustées à pH 7,3, réparties en ballons à toxine d'une contenance de 2^l sous le volume de 1^l par ballon et additionnées ou non de farine d'orge (20^g par litre), de levure

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 268.

⁽²⁾ Voir, pour tous détails bibliographiques, G. RAMON, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 385.

(4^e par litre), d'extrait de malt desséché (6^e), d'acétate de soude (8^e). La stérilisation est effectuée à 115-120° pendant 45 minutes.

b. Dans des ballons à toxine de 2^l, on ajoute pour 1^l d'eau, soit 80^g de son, soit 60^g de son et 20^g d'orge maltée. Puis on additionne ou non de farine d'Orge, de levure, d'extrait de malt, d'acétate de soude aux taux indiqués ci-dessus. Après un premier chauffage de 15 minutes à 100°, on ajuste à pH 7,3, puis on stérilise à 115-120° durant 45 minutes.

L'ensemencement est pratiqué au moyen d'une souche appropriée de *B. subtilis*.

Après dix jours d'exposition à l'étuve réglée à la température de 36°, on prélève, dans chaque ballon, des échantillons de liquide que l'on filtre séparément, sur bougie Chamberland L₃ ou L₂.

Comme test de l'activité diastasique des filtrats, nous avons utilisé leur pouvoir gélatinolytique, qui est évalué selon la technique que nous avons décrite dans des Notes antérieures (3) et qui consiste, rappelons-le, à déterminer quelle est la plus petite dose de filtrat capable d'amener, en l'espace de 4 heures à la température de 45°, la gélatinolyse de 1^{cm³} de gélatine (3^e de gélatine pour 100^{cm³} d'eau physiologique). Cette dose représente l'unité gélatinolytique.

Nous avons résumé, en un tableau, les résultats de l'une de nos séries d'expériences :

Activité des filtrats exprimée en unités gélatinolytiques par centimètre cube.

Composition des milieux.

1° Décoction de son (40 g/l)	300
2° » » + levure + extrait malt	300
3° » » + levure + extrait malt + acétate de soude. ...	300
4° Son (80 g/l) + levure	5000 (*)
5° » + levure + extrait malt	10000 (*)
6° » + levure + extrait malt + acétate de soude	5000 (*)
7° Son (60 g/l), Orge maltée (20 ^g) + levure	300
8° » » + levure + extrait malt	300
9° » » + levure + extrait malt + acétate	300

Il ressort des résultats de cette série d'expériences et d'autres semblables que certains des filtrats ainsi préparés sont particulièrement riches en protéase, puisqu'ils contiennent jusqu'à 10000 unités gélatinolytiques par cm³, alors que, d'après les essais que nous avons effectués précédemment, la valeur des filtrats

(3) Voir G. RAMON, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 253-256; 219, 1944, p. 268.

(4) Les échantillons de liquide ont été filtrés sous un faible volume à travers des bougies de petit format sans le secours de la trompe à eau. La filtration dans ces conditions a été très lente et difficile. Il en résulte que le titre obtenu est certainement inférieur au titre réel, une certaine quantité du ferment ayant été adsorbée et retenue par la bougie.

issus de la même souche de *B. subtilis*, cultivée en bouillon de viande de cheval digérée par la papaine, oscillait entre 20 et 100 unités gélatinolytiques par cm³ seulement.

L'intérêt des milieux de culture à base de matières végétales ⁽⁵⁾ permettant d'obtenir très économiquement, à partir de microorganismes saprophytes tels que le *B. subtilis*, des filtrats qui renferment des ferments solubles très actifs, s'accroît du fait que ces mêmes filtrats sont capables de manifester à l'égard d'autres germes, ceux-ci pathogènes, des propriétés antagonistes. Ces propriétés, qui peuvent s'exercer, soit contre les poisons élaborés par certaines bactéries, soit contre les bactéries elles-mêmes, avaient été décelées en premier lieu par Metchnikoff dès 1897, puis mises en évidence (*in vitro*) par Maurice Nicolle en 1907 ⁽⁶⁾.

Tout en cherchant à perfectionner nos milieux de culture pour obtenir des ferments plus actifs encore, nous nous livrons présentement à l'étude comparative des propriétés diastasiques d'une part, et antimicrobiennes (*in vitro* et *in vivo*) d'autre part, de la substance vraisemblablement complexe fournie par la culture, dans certaines conditions, du *B. subtilis*, substance que nous désignerons désormais sous le nom de *Subtiline* ⁽⁷⁾.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. CH. FABRY, E. ESCLANGON, G. JULIA, pour la Division des Sciences mathématiques; L. BLARINGHEM, L. LAPICQUE, A. CHEVALIER, pour la Division des Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera la liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. Vito Volterra.

⁽⁵⁾ Ces mêmes milieux, avec quelques modifications de détail, conviennent également pour la culture du *Penicillium notatum*.

⁽⁶⁾ Dans des essais effectués il y a une quinzaine d'années avec Chr. Zoeller et portant sur l'influence des agents biologiques sur les toxines, nous avons constaté que, sous l'effet de la végétation du *B. subtilis*, le pouvoir toxique et le pouvoir flocculant de la toxine tétanique diminuent graduellement et parallèlement et finissent par disparaître totalement si la souche du *B. subtilis* est suffisamment active.

⁽⁷⁾ Signalons dès maintenant que la *Subtiline*, que renferment nos filtrats les plus actifs, fait preuve *in vitro* de propriétés bactériostatiques, bactéricides et même bactériolytiques plus ou moins grandes à l'égard du bacille diphtérique, du bacille de Preisz-Nocard, du bacille de la pseudotuberculose, de la bactérie charbonneuse et de nombreux autres microbes pathogènes.

CORRESPONDANCE.

M. MAURICE ROQUES adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942.

TOPOLOGIE. — *Définition des structures infinitésimales*. Note de M. PAUL GERMAIN, présentée par M. Élie Cartan.

La présente Note a pour but de prolonger la notion de contingent aux espaces topologiques satisfaisant à l'axiome de Hausdorff (espaces topologiques *séparés*) ⁽¹⁾.

I. DÉFINITION D'UNE STRUCTURE INFINITÉSIMALE EN O . — Étant donné un point O de l'espace topologique étudié, on dit qu'un ensemble est *dense en O* si cet ensemble admet le point O comme point d'accumulation. Nous désignerons par $\mathcal{A}(O)$ la famille des ensembles de l'espace denses en O .

Définition 1. — Soit $\mathcal{U}(O)$ une sous-famille de $\mathcal{A}(O)$ dont tous les éléments sont désignés par U , jouissant des propriétés suivantes :

I_1 . tout sous-ensemble d'un ensemble U , dense en O , appartient à la famille $\mathcal{U}(O)$;

I_2 . on peut, dans la famille $\mathcal{U}(O)$, définir une relation d'équivalence (R) telle que tout sous-ensemble d'un ensemble U , dense en O , soit équivalent à U .

La donnée de la famille $\mathcal{U}(O)$ et de la relation (R) définit dans l'espace donné une *structure infinitésimale en O* , $\mathcal{J}(\mathcal{U}, R)$. On dit que, pour cette structure, la famille $\mathcal{U}(O)$ est une famille de base d'ensembles unicontingents.

Définition 2. — L'ensemble des contingentes de l'espace en O est l'ensemble $\mathcal{U}^*(O)$ des classes d'équivalence de $\mathcal{U}(O)$ par la relation (R) . La classe U^* d'un ensemble U est appelée *sa contingente en O* .

Définition 3. — Le contingent d'un ensemble E en O est le sous-ensemble $E^*(O)$ de $\mathcal{U}^*(O)$ formé par la réunion des contingents de tous les sous-ensembles de E appartenant à $\mathcal{U}(O)$.

Proposition 1 : Croissance. Si $E_1 \subset E_2$, on a $E_1^* \subset E_2^*$.

Proposition 2 : Additivité restreinte. Si $E = E_1 \cup E_2$, on a $E^* = E_1^* \cup E_2^*$.

II. COMPARAISON DES DIVERSES STRUCTURES INFINITÉSIMALES EN O . — *Définition 4.* — Deux structures \mathcal{J}_1 et \mathcal{J}_2 sont équivalentes en O si l'on peut établir un isomorphisme entre \mathcal{U}_1^* et \mathcal{U}_2^* dans lequel E_1^* soit isomorphe à E_2^* quel que soit l'ensemble E .

Définition 5. — La structure \mathcal{J}_2 est dite *aussi fine* que la structure \mathcal{J}_1 si l'on peut établir un homomorphisme de \mathcal{U}_2^* sur \mathcal{U}_1^* qui applique E_2^* sur E_1^* .

Deux structures seront dites *comparables* si l'une est aussi fine que l'autre.

⁽¹⁾ Pour la terminologie, voir N. BOURBAKI, *Topologie générale*, Paris.

Proposition 3. — La relation *aussi fine que* est une relation d'ordre dans toute famille de structures infinitésimales deux à deux comparables.

Désignons par $|\mathcal{U}_1(O)|$ et $|\mathcal{U}_2(O)|$ les familles des ensembles ayant un contingent en O réduit à un seul élément dans les structures \mathcal{J}_1 et \mathcal{J}_2 .

Proposition 4. — La condition nécessaire et suffisante pour que \mathcal{J}_1 soit aussi fine que \mathcal{J}_2 est que tout élément de $|\mathcal{U}_2(O)|$ soit un élément de $|\mathcal{U}_1(O)|$.

III. Réservant l'étude des propriétés topologiques des structures infinitésimales (qui s'introduisent lorsque l'on a muni la structure infinitésimale d'une topologie convenablement choisie), nous allons donner un exemple et une application de la notion qui vient d'être introduite.

Exemple, structure infinitésimale de Volterra. — Considérons l'espace des fonctions continues à une variable t définies sur le segment (a, b) , espace muni de la topologie de la convergence uniforme. O étant le point représentatif de $\gamma_0(t)$, un ensemble U sera une famille de fonctions $\gamma(t)$ satisfaisant à :

1° $\gamma(t) - \gamma_0(t) = 0$ pour $a \leq t \leq m$, $n \leq t \leq b$, m et n étant deux nombres comprenant un nombre ξ , indépendant du point courant de l'ensemble U que l'on veut définir;

2° $\gamma(t) - \gamma_0(t) = \omega(t)$ garde un signe constant dans (m, n) ;

3° $h = m - n$ tend vers 0 avec $\mu = \text{Max } |\omega(t)|$.

Un tel ensemble satisfait à I_1 ; la relation d'équivalence sera : deux ensembles U sont équivalents si les intervalles (m, n) ont la même limite ξ . Cette relation satisfait à I_2 .

La contingente de l'ensemble U peut être désignée par ξ .

APPLICATION. — Une définition générale de la dérivée. — Soit donné un espace métrique dans lequel on ait défini en M_0 une structure infinitésimale : considérons une fonction de points $f(M)$ dans cet espace, à valeurs réelles, définie en tous points d'un ensemble E pour lequel M_0 soit un point intérieur; $f(M)$ admet en M_0 une dérivée suivant la contingente $U_\alpha^*(M)$, si M_1 désignant un point voisin de M_0 le rapport

$$\frac{f(M_1) - f(M_0)}{\varphi(M_1, M_0)}$$

tend vers une limite l_α pour toute suite de points M_1 tendant vers M_0 en restant sur un ensemble unicontingent bien déterminé ayant pour contingente $U_\alpha^*(M_0)$; l_α ne dépendant pas du choix de l'ensemble unicontingent parmi tous les ensembles unicontingents ayant pour contingente $U_\alpha^*(M_0)$; $\varphi(M, P)$ est une fonction donnée, réelle, du couple (M, P) tendant vers zéro avec la distance $\|MP\|$.

Exemple. — Si l'on reprend l'exemple précédent (structure infinitésimale de Volterra) et que l'on pose

$$\varphi(O, M) = \int_m^n \omega(t) dt,$$

on retrouve la définition de Volterra de la dérivée partielle au point ξ de la fonctionnelle $F[\gamma(t)]$ par rapport à l'argument $\gamma_0(t)$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude des écoulements de révolution par la méthode de G. Darrieus.* Note ⁽¹⁾ de M. PIERRE CARRIÈRE, présentée par M. Joseph Pérès.

1. G. Darrieus ⁽²⁾ a indiqué le principe d'une méthode d'étude de l'écoulement de révolution d'un gaz parfait, en régime permanent et irrotationnel, aux vitesses supersoniques. Cette méthode est basée sur la remarque suivante :

Rapportons le plan méridien de l'écoulement à des axes M_{x_1} et M_{y_1} respectivement parallèles et perpendiculaires à la vitesse en M ; rapportons de même le plan de l'hodographe à des axes mu_1 et mv_1 parallèles aux précédents, passant par m homologue de M . Si $M'(dx_1, dy_1)$ est un point infiniment voisin de M sur une caractéristique passant par ce point et $m'(du_1, dv_1)$ son homologue dans le plan de l'hodographe, on a la relation

$$(1) \quad du_1 \cot \alpha - dv_1 = \frac{v dy_1}{y},$$

où α désigne l'angle de Mach en M , y et v les distances de M et m à l'axe de révolution.

2. Si nous considérons maintenant un déplacement fini $M_0 M'_0 (\Delta x_1, \Delta y_1)$ sur une caractéristique (λ_1) , on déduit de (1) par intégration le long de $M_0 M'_0$

$$(2) \quad \Delta u_1 \cot \alpha_m - \Delta v_1 = \int_{y_0}^{y_0'} \frac{v dy_1}{y}.$$

Cette équation représente, dans le plan de l'hodographe, une droite que nous désignerons par $D_1(M_0, M'_0)$.

Si Δu_1 et Δv_1 sont assez petits, α varie très peu dans l'intervalle considéré, de sorte que le choix de la valeur moyenne α_m ne présente pratiquement aucune difficulté.

Le calcul de l'intégrale du second membre doit, par contre, être précisé.

3. Supposant toujours $m_0 m'_0$ assez petit, on peut admettre que les axes locaux restent parallèles lorsqu'on passe de M_0 en M'_0 , d'où

$$\frac{dy_1}{dy} = \frac{\Delta y_1}{y_0' - y_0}.$$

L'intégrale à calculer

$$d = \int_{y_0}^{y_0'} \frac{v dy_1}{y}$$

s'obtient alors aisément par la formule d'Euler-Mac Laurin qui, au 3^e ordre près,

⁽¹⁾ Séance du 22 janvier 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 409.

donne

$$(3) \quad d = \frac{1}{2}(d_0 + d'_0) + \varepsilon,$$

en posant

$$d_0 = \frac{v_0 \Delta y_1}{y_0}, \quad d'_0 = \frac{v'_0 \Delta y_1}{y'_0}, \quad \varepsilon = \frac{1}{12}(d_0 - d'_0) \left(\frac{y'_0}{y_0} - \frac{y_0}{y'_0} \right).$$

La construction graphique de d_0 et d'_0 est immédiate. On choisira, en général, les intervalles d'intégration pour que ε soit négligeable devant l'erreur graphique.

4. *Cas particulier où M_0 est sur l'axe.* — Si M_0 vient sur l'axe, on peut écrire en général au 3^e ordre près en y dans l'intervalle $M_0 M'_0$

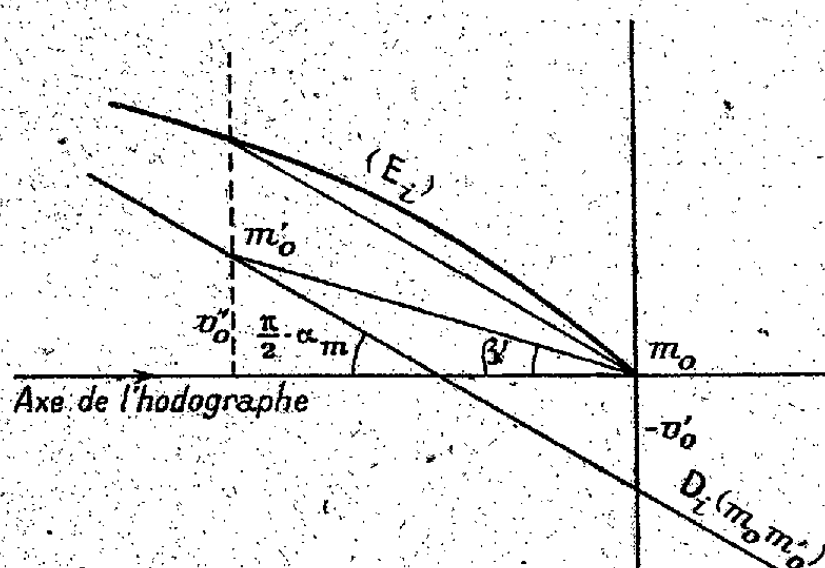
$$v = \frac{v'_0}{y'_0} y,$$

v étant une fonction impaire de y ; y'_0 et v'_0 désignant respectivement la distance à l'axe de M_0 et de m'_0 .

Les raisonnements précédents s'appliquent encore; mais ici la vitesse restant sensiblement parallèle à l'axe dans l'intervalle considéré, on a $dy_1 = dy$, d'où

$$d = \int_0^{y'_0} \frac{v}{y} dy = \int_0^{y'_0} \frac{v'_0}{y'_0} dy = v'_0.$$

La droite $D_i(M_0, M'_0)$ coupe l'ordonnée de m_0 en un point de cote $-v'_0$.



La figure montre immédiatement que la droite $m_0 m'_0$ fait avec l'axe un angle β' tel que

$$(4) \quad \tan \beta' = \frac{1}{2} \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_m \right).$$

En passant à la limite, $m_0 m'_0$ tend vers la tangente en m_0 à l'hodographe de la caractéristique considérée. Comme les lignes de l'hodographe normales en chaque point à la direction de Mach sont des épicycloïdes (E), on déduit de (4) ce résultat remarquable :

Les arcs de caractéristiques du plan de l'hodographe correspondant au

domaine voisin de l'axe de l'écoulement se déduisent en général des épicycloïdes (E_i) en réduisant leurs ordonnées dans le rapport $1/2$.

Il peut arriver (par exemple au point sonique) que ϵ tende vers zéro comme y^n ou plus généralement comme y^{2n+1} . Un raisonnement analogue montre que le résultat ci-dessus se conserve, en remplaçant toutefois le rapport $1/2$ par le rapport $(2n+1)/(2n+2)$.

5. L'ensemble de ces remarques nous a permis de mettre au point une méthode graphique pour le tracé des tuyères de révolution supersoniques, problème qui jusqu'à présent n'avait pas reçu de solution.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *La fonction caractéristique quantique* ⁽¹⁾
et la méthode des perturbations. Note de M. EDMOND ARNOUS.

L'objet de cette Note est de montrer comment la fonction caractéristique quantique permet, dans la théorie des perturbations, de déterminer les énergies et les probabilités des différentes approximations, sans qu'on ait à calculer les fonctions d'onde approchées.

L'hamiltonien non perturbé H et la perturbation V seront supposés indépendants du temps. La fonction d'onde Ψ aura pour développement $\sum_m c_m \psi_m$ dans le système des fonctions propres ψ_m de H . $E_m^{(0)}$ et $p_m^{(0)}$ désigneront les énergies et les probabilités de première approximation, $E_m^{(1)}$, $p_m^{(1)}$, $E_m^{(2)}$, $p_m^{(2)}$ leurs corrections du premier et du second ordre.

Il est clair qu'il faut s'attendre à trouver, pour la fonction caractéristique du système perturbé, une expression de la forme ⁽²⁾

$$(1) \quad K(u) = \sum_m (p_m^{(0)} + p_m^{(1)} + p_m^{(2)} + \dots) e^{iu(E_m^{(0)} + E_m^{(1)} + E_m^{(2)} + \dots)} \\ = \sum_m e^{iuE_m^{(0)}} \left\{ [p_m^{(0)}] + [iup_m^{(0)}E_m^{(1)} + p_m^{(1)}] + \left[-\frac{u^2}{2} p_m^{(0)} E_m^{(1)2} + iu(p_m^{(0)}E_m^{(2)} + p_m^{(1)}E_m^{(1)}) + p_m^{(2)} \right] + \dots \right\}.$$

C'est ce que nous allons constater. Considérons l'expression quantique $[\Psi, \exp. iu(H+V)\Psi]$ de $K(u)$. Remplaçons Ψ par $\sum_m c_m \psi_m$ et développons l'exponentielle suivant les puissances de V . $K(u)$ devient

$$\sum_{m,n} c_m^* c_n \left(\psi_m, \sum_v \frac{(iu)^v}{v!} \left\{ H^v + \sum_\lambda H^\lambda V H^{v-\lambda-1} + \sum_{\lambda,\mu} H^\lambda V H^\mu V H^{v-\lambda-\mu-2} + \dots \right\} \psi_n \right).$$

Or

$$(\psi_m, H^\lambda V H^{v-\lambda-1} \psi_n) = E_m^\lambda E_n^{v-\lambda-1} V_{mn}$$

et

$$(\psi_m, H^\lambda V H^\mu V H^{v-\lambda-\mu-2} \psi_n) = \sum_p E_m^\lambda E_p^\mu E_n^{v-\lambda-\mu-2} V_{mp} V_{pn}$$

⁽¹⁾ Voir *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 108 et 141; 219, 1944, pp. 357 et 389.

⁽²⁾ Les termes du même ordre de grandeur sont entre crochets.

où $V_{mn} = (\psi_m, V\psi_n)$ est la matrice de perturbation, supposée petite, et E_m la valeur propre de H correspondant à ψ_m . $K(u)$ devient

$$\sum_{m,n,\nu} c_m^* c_n \frac{(iu)^\nu}{\nu!} \left\{ E_m^\nu \delta_{mn} + \sum_{\lambda} E_m^\lambda E_n^{\nu-\lambda-1} V_{mn} + \sum_{p,\lambda,\mu} E_m^\lambda E_p^\mu E_n^{\nu-\lambda-\mu-2} V_{mp} V_{pn} + \dots \right\}.$$

Le calcul de la première approximation n'offre pas de difficulté. Il n'utilise que les deux premiers termes de l'accolade. Comme Σ_λ donne $\nu E_m^{\nu-1}$ si $m=n$ et $(E_m^\nu - E_n^\nu)/(E_m - E_n)$ si $m \neq n$, $K(u)$ devient

$$\sum_m e^{iuE_m} \left(|c_m|^2 + iu |c_m|^2 V_{mm} + \sum_{n \neq m} \frac{c_m^* c_n V_{mn} + c_m c_n^* V_{mn}^*}{E_m - E_n} \right).$$

Comparons à (1) (aux deux premiers crochets seulement)

$$\begin{aligned} E_m^{(0)} &= E_m, & p_m^{(0)} &= |C_m|^2, \\ E_m^{(1)} &= V_{mm}, & p_m^{(1)} &= \sum_{n \neq m} \frac{c_m^* c_n V_{mn} + c_m c_n^* V_{mn}^*}{E_m - E_n}. \end{aligned}$$

Le calcul de la deuxième approximation, au contraire, offre une petite difficulté : $\Sigma_{\lambda\mu}$ n'a pas la même valeur suivant que $m=n=p$, $m=n \neq p$, $m=p \neq n$, $n=p \neq m$ ou $m \neq n \neq p \neq m$. En effet supposons par exemple $n \neq p$ et groupons les termes suivant les puissances de E_m , il vient

$$\frac{E_n^{\nu-1} - E_p^{\nu-1}}{E_n - E_p} + \frac{E_n^{\nu-2} - E_p^{\nu-2}}{E_n - E_p} E_m + \dots = \frac{(E_n^{\nu-1} + E_n^{\nu-2} E_m + \dots) - (E_p^{\nu-1} + E_p^{\nu-2} E_m + \dots)}{E_n - E_p}$$

et ceci conduit à deux résultats différents; à

$$\frac{E_n^\nu - E_m^\nu}{(E_n - E_p)^2} - \frac{\nu E_p^{\nu-1}}{E_n - E_p}$$

si $m=p$, et à

$$\frac{E_n^\nu - E_m^\nu}{(E_n - E_m)(E_n - E_p)} - \frac{E_p^\nu - E_m^\nu}{(E_p - E_m)(E_n - E_p)} = \frac{E_m^\nu (E_p - E_n) + E_n^\nu (E_m - E_p) + E_p^\nu (E_n - E_m)}{(E_m - E_n)(E_n - E_p)(E_p - E_m)}$$

si $m \neq p$. Nous voici maintenant à même de calculer $\Sigma_{\lambda\mu}$ dans les cinq hypothèses $m=n=p$, $m=n \neq p$ etc., ce qui donne pour $K(u)$

$$\begin{aligned} \sum_m e^{iuE_m} \left\{ \dots - \frac{u^2}{2} |c_m|^2 V_{mm}^2 + iu \sum_{n \neq m} \left(\frac{|c_m|^2 |V_{mn}|^2}{E_m - E_n} + \frac{c_m^* c_n V_{mn} + c_n c_m^* V_{mn}^*}{E_m - E_n} V_{mn} \right) \right. \\ \left. + \sum_{n \neq m} \frac{|V_{mn}|^2 (|c_n|^2 - |c_m|^2) + (c_m^* c_n V_{mn} + c_m c_n^* V_{mn}^*) (V_{nn} - V_{mm})}{(E_m - E_n)^2} \right. \\ \left. + \sum_{\substack{np \\ (m \neq n \neq p \neq m)}} \frac{c_m^* c_p V_{mn} V_{np} + c_p^* c_n V_{pn} V_{mn} + c_n^* c_m V_{np} V_{pm}}{(E_m - E_n)(E_m - E_p)} \right\}. \end{aligned}$$

Comparons au 3^e crochet de (1). Les deux termes nouveaux sont

$$E_m^{(2)} = \sum_{n \neq m} \frac{|V_{mn}|^2}{(E_m - E_n)}$$

dans le coefficient de iu , et p_2 (les deux dernières lignes).

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur les oscillations de pression consécutives à la détonation dans les moteurs à explosion.* Note (1) de M. MAX SERRUYS, présentée par M. Armand de Gramont.

Des enregistrements photographiques ont dès longtemps mis en évidence l'allure vibratoire des combustions détonantes. Néanmoins l'existence d'oscillations de pression consécutives au cognement des moteurs a été longtemps contestée, l'inertie des appareils enregistreurs entraînant une déformation importante des manogrammes.

En interprétant correctement des diagrammes obtenus à l'aide de notre manographe optique à faible inertie, nous avons pu, dès 1933 (2), préciser non seulement la durée très faible de l'accroissement de pression local provoqué par la détonation (3), mais la valeur de l'amplitude progressivement décroissante et de la pseudopériode progressivement croissante des ondes dont la propagation dans la chambre de combustion paraissait expliquer les variations de pression enregistrées.

A l'effet de préciser davantage l'allure des variations de pression consécutives à la véritable combustion détonante et le bien fondé de cette interprétation, nous avons, en 1940, perfectionné notre manographe par amortissement fluide de la membrane et du miroir, et enregistré les diagrammes partiellement reproduits figures 1 et 2 ci-dessous. Voici le résultat du dépouillement que nous en avons fait :

1° A et B (fig. 1) désignant respectivement un point du diagramme corres-

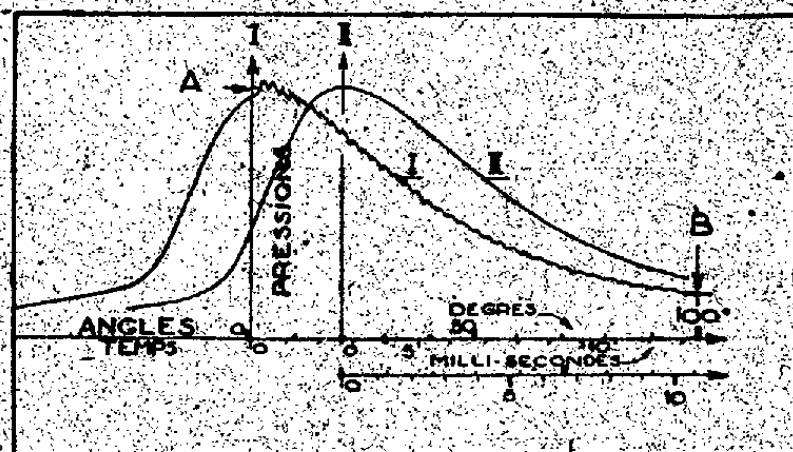


Fig. 1.

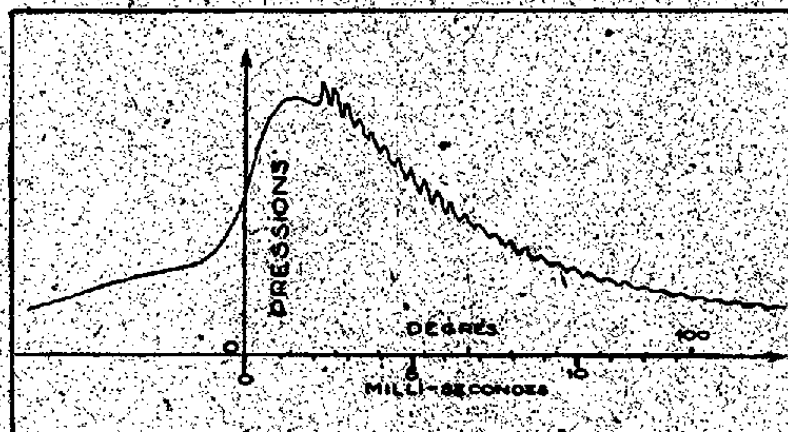


Fig. 2.

I, combustion légèrement détonante; II, combustion non détonante.

pondant sensiblement au point mort et en même temps à l'origine des oscillations de pression consécutives à la détonation d'une part, et un point situé vers la fin de la détente, mais avant l'ouverture d'échappement d'autre part, on

(1) Séance du 26 février 1945.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1296.

(3) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1894; *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 103, 1937, pp. 45-78.

constate que la pseudopériode est de $1/3300$ s environ au voisinage du point A et de $1/2050$ s au voisinage du point B.

La plus grande dimension de la chambre de combustion étant de 145^{mm} , lorsque le piston est au point mort haut, ceci conduit, en admettant que l'onde enregistrée effectue deux fois ce parcours pendant la durée d'une pseudopériode, à la vitesse de propagation

$$V_A = 0,29 \times 3300 = 957 \text{ m/s environ.}$$

Or la vitesse du son dans les gaz brûlés à la température considérée est, à la vitesse du son dans l'air à 0° , dans le rapport $\frac{\sqrt{\gamma g R T}}{\sqrt{1,41 g R_0 273}}$.

En admettant pour les gaz brûlés $\gamma = 1,27$ et $R = 34,12$, on trouve ainsi

$$T_A = 273 \left(\frac{957}{333} \right)^2 \frac{34,12 \times 1,27}{29,27 \times 1,41} = 2320^\circ \text{K.}$$

Or j'ai calculé antérieurement, pour le même moteur au même instant du cycle^(*), une température maxima de 2530°K. , bien qu'il s'agisse d'un carburant plus riche que celui qui a été utilisé pour l'enregistrement du diagramme en question.

2° Par ailleurs, on mesure sur le diagramme

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{61,5}{11,5} = 5,35 \quad \text{et} \quad \frac{V_B}{V_A} = \frac{722}{202} = 3,57.$$

D'où

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{P_A \cdot V_A}{P_B \cdot V_B} = 1,50.$$

On en déduit, pour la vitesse du son correspondant au point B du diagramme, la valeur

$$V_B = \frac{957}{\sqrt{1,5}} = 780 \text{ m/s.}$$

Comme la pseudopériode correspondant au point B est de $1/2050$ s, ceci conduit, pour le trajet aller et retour, à une longueur

$$l = \frac{780}{2050} = 0,380 \text{ m.}$$

Or cette longueur correspond à 1 % près au double de la distance séparant les points les plus éloignés de la chambre de combustion pour la position occupée par le piston à l'instant considéré.

Ce calcul confirme donc bien l'interprétation suivant laquelle les oscillations de pression consécutives à la détonation correspondent aux passages successifs

(*) *Chaleur et Industrie*, 225, 1939, p. 151.

d'une onde de pression, cette onde parcourant la chambre de combustion dans le sens de sa plus grande dimension, et avec une vitesse égale à la vitesse du son pour la composition des gaz et à la température correspondant à l'instant considéré.

La brusque apparition des ondes de pression au moment du choc est d'ailleurs évidente sur les diagrammes. Il se confirme donc qu'il y a lieu de distinguer plusieurs phénomènes : la combustion détonante véritable ou *détonation pure* caractérisée par un accroissement de pression important et brutal des *combustions vibratoires* (détonantes ou non détonantes) caractérisées par une amplitude progressivement croissante des variations de pression (*).

GÉODÉSIE. — *Compensation d'un réseau de nivellements.*

Note (1) de M. JEAN VIGNAL, présentée par M. Georges Perrier.

Appliquée à la compensation d'un réseau de nivellements, la règle classique des *moindres carrés* conduit, dans quelques-uns de ses modes d'application, à des systèmes d'équations de forme particulièrement simple, susceptibles d'être écrits sans aucun calcul préparatoire.

Considérons un réseau de nivellements, composé d'un certain nombre de polygones fermés élémentaires.

Nous appellerons *nœuds* du réseau les repères communs à deux ou plusieurs lignes nivelées, et *sections* les lignes reliant directement deux nœuds.

Nous envisagerons deux cas : celui du *réseau libre*, pour lequel aucune différence d'altitudes n'est fixée à l'avance; et celui du *réseau lié*, pour lequel le polygone-enveloppe appartient à un nivellement antérieur, généralement plus précis, et a ses altitudes déjà arrêtées après compensation. Dans ce dernier cas, seules interviendront les sections *intérieures*. Parmi les nœuds qui les limitent, ceux du polygone-enveloppe, d'altitudes déjà arrêtées, seront dits *nœuds fixés*; les autres, *nœuds non fixés*.

Nous désignerons dans la suite une section par la notation (l, m) , l et m représentant soit les polygones qu'elle sépare, soit les nœuds qu'elle joint. Nous appellerons $1/\theta_{lm}^2$ le *poids* à attribuer à la section (l, m) . On sait que pour une *section homogène*, c'est-à-dire entièrement nivelée avec la même méthode,

$$\theta_{lm}^2 = \tau^2 L_{lm},$$

L_{lm} étant la *longueur* de la section, et τ étant la *valeur probable accidentelle limite par kilomètre de l'erreur totale*, pour la méthode employée au nivellement de ladite section.

(*) Voir à ce sujet *Cours-conférences du Centre de Perfectionnement de la Chimie*, 154, 1938.

(1) Séance du 12 février 1945.

Compensation des sections. — Prenons comme inconnues les compensations x à apporter aux sections, en en précisant comme suit la désignation et le signe :

Numérotons $1, 2, \dots, p$ les polygones élémentaires, ainsi que le *polygone-enveloppe* s'il s'agit d'un *réseau libre*; soit p leur nombre total. Choisissons uniformément, sur chaque polygone élémentaire, comme sens positif, le sens des aiguilles d'une montre; et le sens inverse sur le polygone-enveloppe, s'il intervient, c'est-à-dire si le réseau est libre. Chaque section appartient ainsi à deux polygones, l et m , et est parcourue sur eux en sens inverses.

Nous appellerons x_{lm} la compensation à apporter à la section (l, m) commune aux polygones l et m , supposée parcourue dans le sens positif correspondant au polygone l (correction à ajouter à la différence de niveau mesurée). Chaque inconnue a donc deux désignations opposées; on a

$$x_{lm} = -x_{ml}.$$

Soient $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ les *écarts de fermeture* des divers polygones, parcourus dans le sens positif choisi (sommes des différences de niveau mesurées, y compris, dans le cas d'un réseau lié, pour les sections du polygone-enveloppe, leurs différences de niveau connues). On a toujours $\sum \varphi_i = 0$.

Avec ces notations, on démontre sans peine que la règle des moindres carrés conduit, par la méthode des coefficients indéterminés, aux équations suivantes.

Les n inconnues x s'expriment par n *équations corrélatives* en fonction de p *coefficients indéterminés* $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ en nombre égal à celui des polygones, eux-mêmes donnés par un système de p *équations normales*, savoir :

$$x_{lm} = \theta_{lm}^2 (\lambda_l - \lambda_m),$$

p *équations normales* : pour le polygone 1,

$$\sum_k \theta_{1k}^2 (\lambda_1 - \lambda_k) + \varphi_1 = \lambda_1 \sum_k \theta_{1k}^2 - \lambda_2 \theta_{12}^2 - \lambda_3 \theta_{13}^2 - \dots + \varphi_1 = 0.$$

Dans le cas d'un *réseau homogène*, on peut remplacer les inverses des poids θ_{lm}^2 par les longueurs L_{lm} . Si l'on appelle F_1, F_2, \dots, F_p les périmètres des polygones (compte non tenu, dans le cas d'un réseau lié, des sections du polygone enveloppe), les équations précédentes s'écrivent :

n *équations corrélatives*

$$x_{lm} = L_{lm} (\lambda_l - \lambda_m),$$

p *équations normales* : pour le polygone 1,

$$\lambda_1 F_1 - \lambda_2 L_{12} - \lambda_3 L_{13} - \dots + \varphi_1 = 0.$$

Compensation des altitudes. — Prenons comme inconnues les *altitudes des nœuds non fixés*. Nous numérotions ces nœuds $1, 2, \dots$ et nous désignerons leurs altitudes inconnues par x_1, x_2, \dots

Nous attribuerons aux *nœuds fixés* une numérotation différente ... s , $s+1$, ..., et nous désignerons leurs altitudes connues par ... x_s , x_{s+1} , ...

Nous appellerons d'une façon générale (l, k) la section, si elle existe, qui relie deux nœuds l et k , l'un d'eux pouvant être fixé; et nous désignerons par h_{lk} la différence de niveau mesurée en allant du nœud l au nœud k (somme des élévations rencontrées de l à k). On a $h_{lk} = -h_{kl}$.

On démontre sans peine que la règle des moindres carrés conduit au système suivant d'*équations finales*, en nombre égal à celui des nœuds non fixés :

Équations finales : pour le nœud non fixé i ,

$$x_i \sum_k \frac{1}{\theta_{ik}^2} - x_2 \frac{1}{\theta_{12}^2} - x_3 \frac{1}{\theta_{13}^2} - \dots + \sum_k \frac{h_{ik}}{\theta_{ik}^2} - \sum_s \frac{x_s}{\theta_{is}^2} = 0.$$

Bien entendu, dans ces équations, le coefficient $1/\theta_{ik}^2$ doit être pris nul si la section correspondante (l, k) n'existe pas.

Comme précédemment, dans le cas d'un *réseau homogène*, on peut remplacer les coefficients θ_{ik}^2 par les longueurs L_{ik} .

REMARQUE. — *Compensation des altitudes par le procédé d'approximations successives de Southwell-Black.* — L'intéressant procédé de Southwell-Black, proposé il y a quelques années pour la compensation d'un réseau géodésique, revient, dans le cas d'un réseau de nivellements, à un mode de résolution par approximations successives du système précédent d'équations finales. Il ne paraît pas plus rapide, en général, que les procédés en usage aujourd'hui pour la résolution directe d'un tel système.

Il s'applique à toute une catégorie d'autres systèmes d'équations linéaires.

En particulier, il peut être employé à la *compensation des sections* par une méthode élémentaire, non exposée ici.

CHALEUR. — *Application pratique de la loi de la convection naturelle; pourquoi l'expérience semblait vérifier la loi approchée classique.*

Note ⁽¹⁾ de M. PIERRE VERNOTTE, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré ⁽²⁾ que le coefficient de convection naturelle était une fonction linéaire de la puissance $1/6$ de l'écart de température V , cette puissance étant corrigée en valeur relative par un terme en V dès que V dépasse par exemple (pour des corps dont les dimensions sont de l'ordre du centimètre) une dizaine de degrés. Or les théories habituelles de nombreux phénomènes ou expériences de convection font état d'échanges thermiques proportionnels à V , et cette loi toute différente sembler, en fait, suffisamment vérifiée par l'expérience. Il s'agit essentiellement de la loi exponentielle représentant en fonction

⁽¹⁾ Séance du 4 décembre 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 675.

du temps le refroidissement par convection d'un corps initialement chauffé, et de la loi exponentielle représentant la distribution des températures le long d'une barre convectante maintenue chaude à une extrémité. Nous allons supposer, pour conduire plus simplement les calculs, que le terme correctif en V indiqué ci-dessus est effectivement négligeable.

1. Observons que le problème du refroidissement du corps chaud met en jeu non pas la loi différentielle introduisant directement le coefficient de convection, mais la loi tout intégrée qui en résulte, de sorte que ce que l'on contrôle c'est non pas l'existence d'un coefficient de convection pratiquement constant, mais le caractère pratiquement exponentiel de la loi de refroidissement dans le temps.

Le temps étant x , et l'écart de température V , l'équation différentielle du refroidissement est

$$(1) \quad -C \frac{dV}{dx} = a \left(1 + \frac{b}{a} V^{\frac{1}{6}} \right) V.$$

On introduit la constante de temps $\tau = C/a$, le temps réduit $\bar{z} = x/\tau$, et le coefficient $\lambda = b/a$ caractérisant la variabilité du coefficient de convection h . La loi du refroidissement est

$$(2) \quad V = \frac{V_0 e^{-\bar{z}}}{\left[1 + \lambda V_0 \left(1 - e^{-\frac{\bar{z}}{6}} \right) \right]^6}.$$

2. Soit l'équation de distribution des températures le long d'une barre; la conductivité est k , l'aire de la section droite, s , son périmètre, p . L'abscisse est x . Introduisons la constante d'espace X telle que $ks/ap = X^2$, et l'abscisse réduite $z = x/X$. Posant

$$\omega^2 = 1 + \frac{12}{7} \lambda V^{\frac{1}{6}},$$

on trouve après intégration, dans le cas de la barre infiniment longue, la distribution

$$(3) \quad V = \frac{V_0 e^{-z}}{\left[\frac{\omega_0 + 1}{2} - \frac{\omega_0 - 1}{2} e^{-\frac{z}{6}} \right]^{12}}.$$

3. Il s'agit d'expliquer pourquoi les lois (2) et (3), lorsqu'on les rencontre expérimentalement, paraissent exponentielles. Il faudrait vérifier que le rapport ρ de deux ordonnées équidistantes est *constant*. Or il varie, mais on songe qu'expérimentalement la température ambiante, qui sert d'asymptote, n'est qu'*imparfaitement* connue; à l'imprécision du thermomètre s'ajoute que, si cette température est, comme il arrive presque toujours, un peu variable, il faut, pour la correction, lui faire subir une retouche un peu incertaine, et, enfin, elle n'est peut-être pas suffisamment uniforme. L'asymptote de la courbe V est donc une inconnue dont on peut disposer entre certaines limites. Or, précisément, on trouve que, si l'on fait légèrement varier l'asymptote, le rapport ρ calculé à partir des formules (2) ou (3), au lieu de décroître con-

stant, présente un minimum très aplati, de sorte qu'il peut être considéré comme pratiquement constant.

En fait, l'intervalle expérimental étant tel que la dernière ordonnée était le dixième ou le quinzième de la première, et étant partagé en 5 ou 6 intervalles partiels par les ordonnées successives dont on forme le rapport (si elles étaient trop rapprochées, le rapport serait en tout état de cause sensiblement constant comme peu différent de 1), une très légère translation de l'asymptote rend *constant* dans tout l'intervalle (il est, suivant les cas, compris entre 1,6 et 1,8), à $\pm 2\%$ près, ce qui, vu la difficulté des mesures, est très satisfaisant et permet en apparence de conclure au caractère exponentiel. Les calculs théoriques, à partir de (2) et (3), ont été faits pour des valeurs de λ comprises entre 1 et 10.

Par contre des dépouillements particulièrement précis, effectués suivant la technique d'une Note précédente^(*), nous ont montré qu'une courbe expérimentale de refroidissement n'était pas vraiment exponentielle, et c'est même ainsi que nous avons été conduit à introduire dans l'intégration des problèmes de convection la loi véritable du coefficient de convection.

4. Si l'on veut utiliser une loi expérimentale de refroidissement, à partir de la loi différentielle (1), à la détermination des constantes thermiques du corps refroidi, il est commode de mettre l'intégrale de (1) sous la forme

$$Ax + B = \log \frac{u}{1 + \lambda u},$$

u désignant $V^{1/3}$. On cherche par tâtonnement la valeur à donner à λ pour que la courbe représentant le logarithme en fonction de x soit une droite. Si l'on n'y arrive pas, on corrige la place admise pour l'asymptote.

ELECTROCHIMIE. — *Sur la signification physique de la constante P dans l'équation électrochimique de Nernst.* Note de M. MOÏSE HAÏSSINSKY, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans sa théorie osmotique de la pile, Nernst a établi pour le potentiel E d'une électrode métallique plongeant dans une solution de ses ions (monovalents) l'équation

$$E = \frac{RT}{F} \ln \frac{P}{p},$$

où p est la pression osmotique des ions dans la solution, P la *tension de dissolution du métal* et les autres lettres ont leurs significations habituelles. Tandis que la théorie, dans son ensemble, s'est montrée d'une fécondité extraordinaire et a servi de point de départ au développement prodigieux de l'électrochimie expérimentale, l'interprétation de P a été souvent critiquée comme trop vague,

(*) *Comptes rendus*, 249, 1944, p. 509.

peu appropriée aux mesures, et surtout parce que l'on calcule pour P des valeurs qui se rangent entre 10^{50} et 10^{-25} atmosphères et auxquelles on peut difficilement attribuer une signification physique.

Plus exactement, les valeurs *absolues* de P sont inconnues. Pour calculer celles-ci, on devrait connaître la valeur absolue d'au moins un potentiel d'électrode E. On a considéré pendant longtemps que la valeur absolue de E pour l'électrode Hg/Hg⁺ pouvait être déterminée d'après les maxima des courbes électrocapillaires. On sait maintenant, par les travaux de Froumkine, que ces maxima ne correspondent pas à $E = 0$ et que des systèmes différents fournissent des potentiels *zéro* discordants. Tout ce que l'on peut dire, c'est que, si l'on formait une pile avec les deux métaux situés aux deux extrémités de la série des potentiels normaux Li/Li⁺ — Au/Au⁺, le rapport des tensions de dissolution serait, d'après l'interprétation indiquée, 10^{75} environ.

Nous allons montrer que les idées théoriques actuelles sur la cinétique de ces processus permettent de donner à la constante P une signification énergétique précise et de la lier à d'autres grandeurs physiques susceptibles d'être soumises aux mesures expérimentales.

D'après la théorie de la surtension de l'hydrogène, proposée par Erdey-Gruz et Volmer ⁽¹⁾ et développée par Horiuti et Polanyi ⁽²⁾ par la mécanique ondulatoire, la décharge des ions H⁺ aux électrodes est définie par la concentration à la surface de ces ions et des atomes déchargés, par l'énergie d'activation W de la décharge, par l'énergie d'activation W' du processus inverse, l'ionisation, et par le potentiel de l'électrode E.

Audubert a généralisé cette théorie (qui s'apparente à des idées qu'il avait développées dès 1924) ⁽³⁾ en l'appliquant à la décharge de métaux et d'anions et aux phénomènes de polarisation anodique. Dans le premier cas, qui nous intéresse ici, la théorie donne pour les conditions d'équilibre

$$(1) \quad k_1 C_{M+} e^{-\frac{W - \alpha_1 EF}{RT}} = k_2 C_M e^{-\frac{W' + \alpha_2 EF}{RT}};$$

C_{M+} est la concentration des ions et C_M la concentration des atomes métalliques à la surface de l'électrode. Les facteurs de proportionnalité α_1 et α_2 sont liés par la relation simple $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. Remarquons que C_M est variable tant que toute la surface n'est pas couverte au moins d'une couche monoatomique de dépôt : lorsque celle-ci est formée, et c'est le cas général de l'application de l'équation de Nernst, C_M devient constant et $k_2 C_M = k_3$. La vérification de la théorie dans plusieurs cas expérimentaux et les conclusions intéressantes que l'on peut en tirer dans l'étude des courbes potentiel-courant semblent pleinement justifier l'extension proposée par Audubert. Elle nous permet aussi de préciser la nature de la constante P.

⁽¹⁾ *Zeits. physik. Chem.*, A, 150, 1930, p. 209.

⁽²⁾ *Acta Physico chim. U. R. S. S.*, 2, 1935, p. 505.

⁽³⁾ *Journ. Chim. Phys.*, 21, 1924, p. 351; *J. Physique*, 3, 1942, p. 81.

Tirons en effet de l'équation de Nernst la valeur de P

$$P = p e^{\frac{EF}{RT}};$$

la pression osmotique étant proportionnelle à la concentration (plus exactement à l'activité) ionique, on a

$$(2) \quad P = k_4 C_{M^+} e^{\frac{EF}{RT}}.$$

D'autre part la relation (1) donne

$$\frac{k_1}{k_3} C_{M^+} e^{\frac{(\alpha_1 + \alpha_2) EF}{RT}} = \frac{k_1}{k_3} C_{M^+} e^{\frac{EF}{RT}} = e^{-\frac{W' - W}{RT}}.$$

La comparaison de cette dernière équation avec (2) donne immédiatement

$$(3) \quad P = \frac{k_4 k_3}{k_1} e^{-\frac{W' - W}{RT}} = k e^{-\frac{W' - W}{RT}},$$

P est donc déterminé par la distribution de Boltzmann des niveaux énergétiques des atomes et des ions du métal. La tendance à la dissolution n'est plus causée par des pressions extrêmement élevées ou extrêmement faibles, mais par des différences d'énergie d'activation qui se situent dans le domaine des énergies mesurables aux électrodes. La relation (3) montre, en outre, explicitement, que la valeur de P dépend non seulement de la nature du métal, mais aussi de la nature des ions. Ceci est conforme à l'expérience, puisque le potentiel d'un métal susceptible de former des ions de valences différentes dépend, à activité égale, de la valence des ions.

Supposons maintenant qu'on ait une électrode non complètement couverte d'un métal M en équilibre avec ses ions M^+ en solution. C_M n'est plus constant et (1) donne alors l'équation de Herzfeld

$$(5) \quad E = \frac{RT}{F} \ln \frac{P' p_0}{P},$$

où

$$p_0 = k' C_M \quad \text{et} \quad P' = k'_1 e^{-\frac{W' - W}{RT}}.$$

Les expériences de Joliot (⁴) ont montré cependant que cette équation ne se vérifie pas quantitativement, tout au moins dans les conditions d'électrolyse. J'en indiquerai ailleurs (⁵) les causes probables.

(⁴) *Journ. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 119.

(⁵) *Ibid.* (sous presse).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la conductibilité électrique des oxydes rares; cas des oxydes de lanthane, praséodyme, néodyme et samarium.* Note (1) de M. MARC FOËX, présentée par M. Paul Lebeau.

Les oxydes rares ont été fréquemment utilisés, sous forme de mélanges plus ou moins complexes, dans la réalisation d'éléments chauffants à base d'oxydes réfractaires (lampe Nernst). Cependant la conductibilité électrique de chacun de ces oxydes pris à l'état pur n'a jamais été étudiée, à l'exception de celle des oxydes de cérium CeO_2 et Ce_2O_3 (2), (3).

Les oxydes du groupe du cérium ayant servi à ces mesures proviennent du laboratoire de M. Trombe et de la Société des Terres Rares. Les solutions chlorhydriques concentrées de certains d'entre eux, sous grande épaisseur, donnent un spectre d'absorption qui a permis à M. Bardet de définir leur pureté. Le lanthane contient moins de 0,4/10000 de praséodyme. Le praséodyme ne présente que des traces de lanthane 1/10000 (spectre d'arc) et de néodyme 2/10000. Le néodyme contient moins de 6/10000 de praséodyme (visibilité limitée par la forte absorption du néodyme) et moins de 1/10000 de samarium. Enfin le samarium ne présente pas de traces visibles de néodyme et de gadolinium (moins de 1/10000 environ).

Les différents oxydes sont obtenus à partir de leur solution chlorhydrique par précipitation ammoniacale et calcination de l'hydrate formé. Ils sont ensuite agglomérés (pression 3000 kg/cm²) sous forme d'éprouvettes de 0,5 à 1,5 cm de hauteur et de 0,3 à 0,8 cm² de section. Les mesures ont été effectuées sur les éprouvettes préalablement traitées à 1200° C. (3), sous la pression normale, en différentes atmosphères sèches, oxygène, air, azote et hydrogène, soigneusement privées de gaz carbonique; l'azote et l'hydrogène étant en outre exempts de toute trace d'oxygène.

Le lanthane, le néodyme et le samarium donnent, quel que soit le milieu, un seul oxyde M^2O_3 , correspondant à la trivalence des éléments rares. Par contre le praséodyme, qui, comme le cérium, donne en milieu réducteur l'oxyde type M^2O_3 , possède comme ce dernier des états plus oxygénés. L'oxyde noir de praséodyme Pr^6O_{14} (oxyde salin $\text{Pr}_2\text{O}_5 - 2\text{Pr}_2\text{O}_3$) s'obtient par un refroidissement lent dans l'air ou l'oxygène à la pression normale; au-dessus de 500° à 600° C. cet oxyde subit un début de dissociation.

La résistivité ρ des oxydes étudiés et la température absolue T sont liées par la relation $\rho = Ae^{B/T}$ (A et B constantes). Les représentations de $\log \rho$ (ρ en ohms-cm) en fonction de $1/T$ (fig. 1 à 4) sont des droites, présentant, dans le cas des oxydes du type M^2O_3 , des changements de direction entre 850° C.

(1) Séance du 5 février 1945.

(2) S. VEIL, *Thèse*, Paris, 1920.

(3) M. FOËX, *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1944, p. 6.

et 950° C. Ce dernier phénomène correspond peut-être à des transformations allotropiques des oxydes ⁽⁴⁾; ⁽⁵⁾, ou encore à la dissociation de traces de carbonates ⁽⁶⁾. Par chauffage préalable sous vide ou à plus haute température (1800° C.), on atténue dans certains cas ce phénomène.

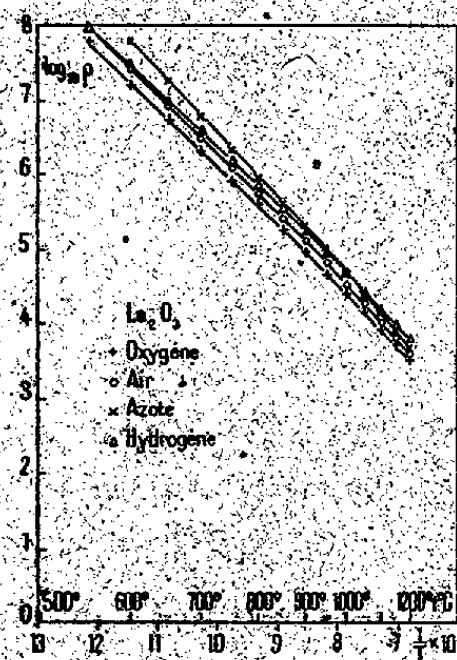


Fig. 1.

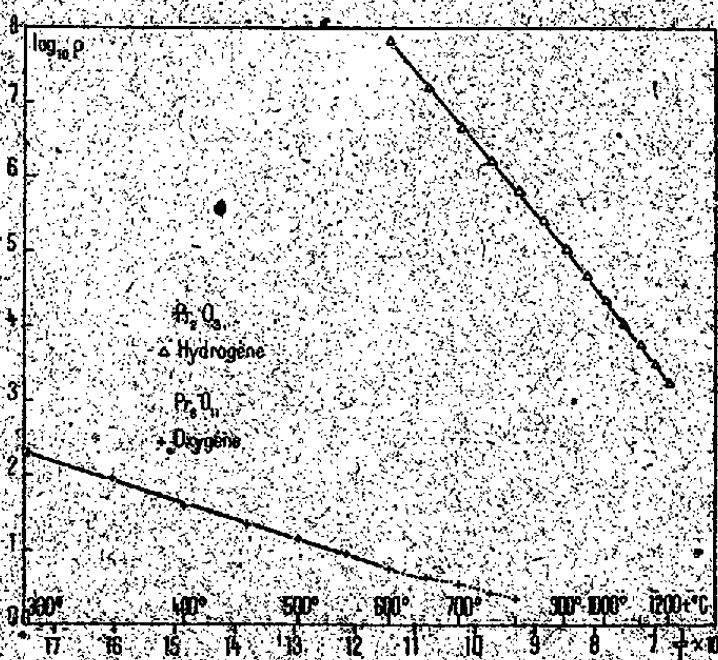


Fig. 2.

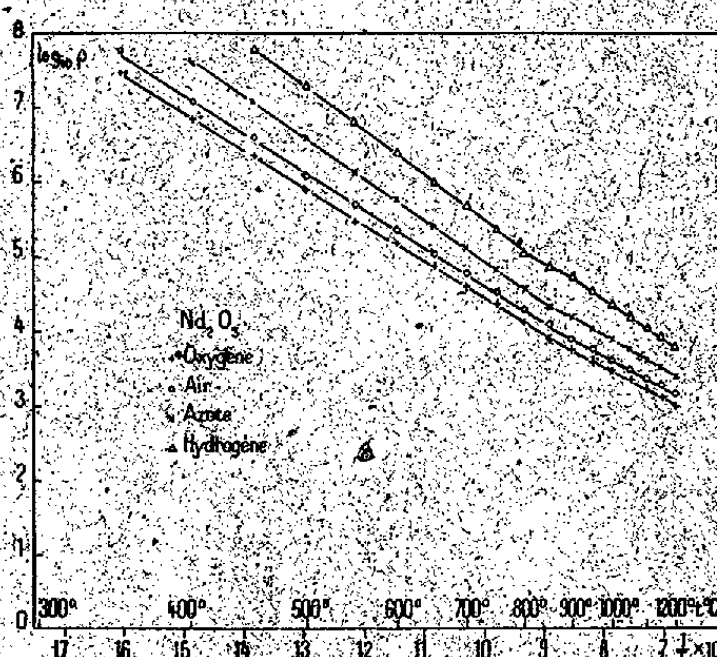


Fig. 3.

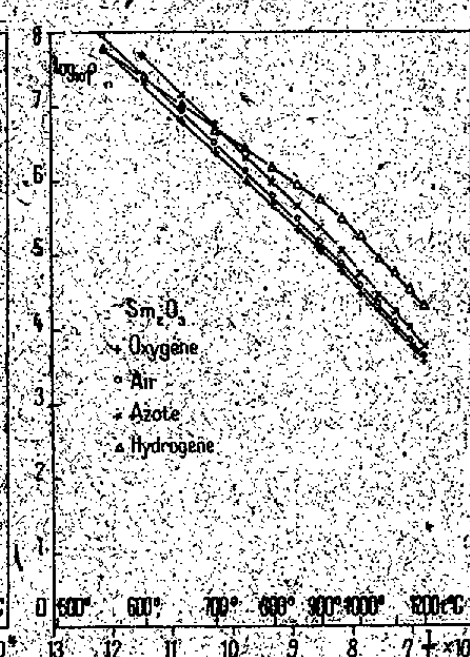


Fig. 4.

La résistivité de l'oxyde de néodyme (fig. 3), nettement inférieure vers 600° C. à celle des autres oxydes M^2O^3 , varie moins rapidement en fonction de la température. Ceci pourrait être attribué à certaines impuretés difficilement décelables (traces de praseodyme ?) ou à une tendance du néodyme à la peroxydation.

Les oxydes de lanthane, néodyme et samarium (fig. 1, 3 et 4) sont plus conducteurs en milieu oxydant (oxygène, air) que neutre (azote), et cela d'autant plus que la pression d'oxygène est plus élevée (absorption de petites quantités d'oxygène ou traces de peroxydes).

⁽⁴⁾ V. M. GOLDSCHMIDT, F. ULRICH et T. BARTH, *Skr. Norske Vid. Akad.*, Oslo, v, 1925.

⁽⁵⁾ K. LOHBERG, *Z. physik. Chem.*, B 28, 1935, p. 402.

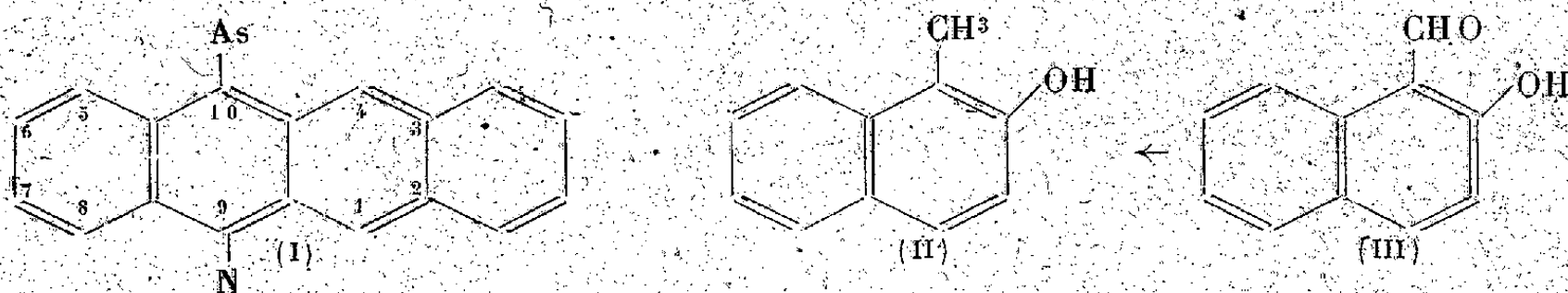
⁽⁶⁾ J. PREISS et N. RAINER, *Zeits. anorg. Chem.*, 131, 1923, p. 287.

Enfin il faut surtout noter la forte conductibilité de l'oxyde salin de praséodyme Pr^6O^{14} (*fig. 2*). Cet oxyde, dont la résistivité n'évolue qu'avec une lenteur relative en fonction de la température, est, à 600°C ., environ 10 millions de fois plus conducteur que l'oxyde Pr^3O^3 . Cette forte conductibilité est à rapprocher de celle des divers autres oxydes salins [Fe^3O^4 (²), Ti^3O^5 (³) etc.].

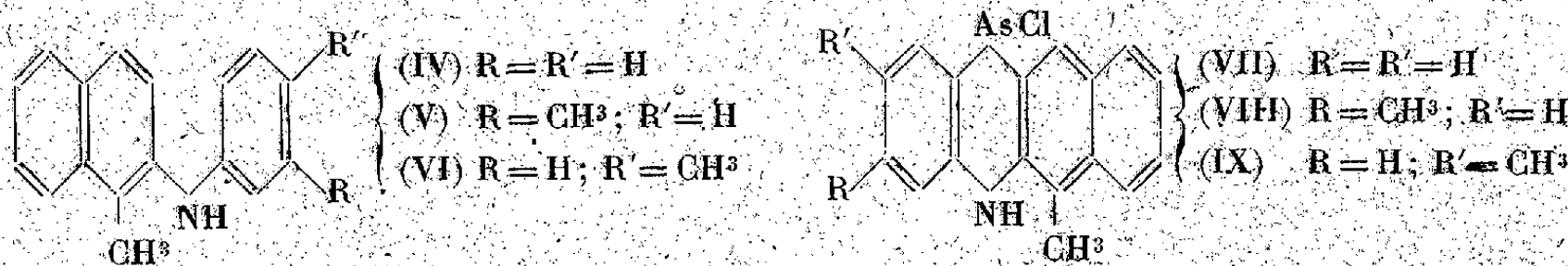
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des dérivés de la benzophénarsazine linéaire.*

Note de MM. **Buu-Hoï**, **Hiong-Ki-Wei** et **René Royer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que les dérivés des benzophénarsazines angulaires sont bien connus, aucun représentant de la famille de la benzophénarsazine linéaire (I) n'a encore été signalé jusqu'ici. Nous avons été amenés à synthétiser un certain nombre de dérivés de ce dernier noyau, en vue de comparer les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ces molécules linéaires avec celles de leurs isomères angulaires que nous sommes aussi en train d'examiner.

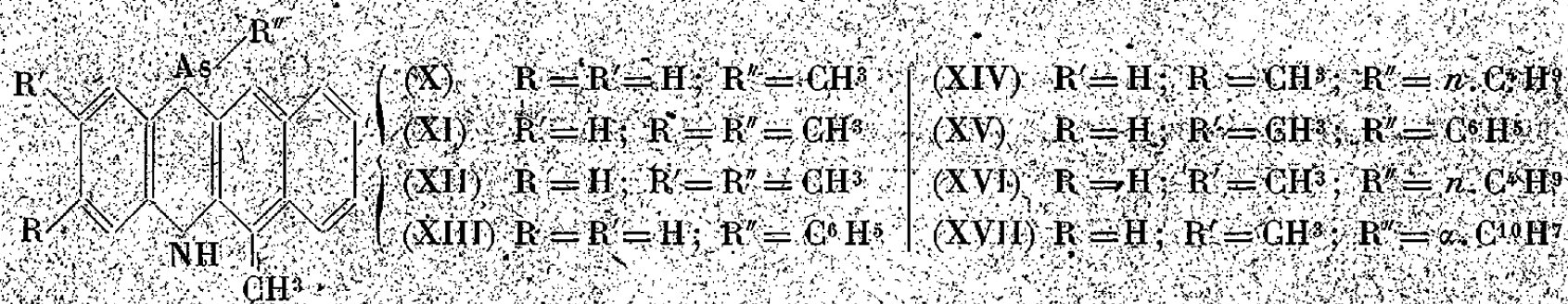


Nous avons utilisé comme substance de départ pour ces synthèses le méthyl-1-naphtol-2 (II), que nous préparons aisément en réduisant l'aldéhyde hydroxy-2-naphtoïque- α (III) selon la méthode de Clemmensen. Ce naphtol se condense avec l'aniline et les toluidines (*mé*ta et *para*) pour engendrer des N. aryl-2-méthyl-1-naphtylamines (IV), (V) et (VI). Ces amines secondaires, traitées par le chlorure d'arsenic, sont converties respectivement en méthyl-1-chloro-



10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (VII), diméthyl-1,7-chloro-10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (VIII), et diméthyl-1,6-chloro-10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (IX). Ces corps présentent la plus grande analogie avec leurs congénères à structure angulaire; ils sont colorés en jaune, donnent naissance à des phénomènes d'halochromie avec les acides minéraux, s'oxydent par l'eau oxygénée en acides benzophénarsaziniques linéaires presque incolores. L'atome de chlore est très réactif; au moyen des organomagnésiens, nous avons pu opérer ici sans difficulté le rempla-

cement de Cl par un radical hydrocarboné. Ainsi ont été obtenues : la diméthyl-1,10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (X), les triméthyl-1,7,10- et



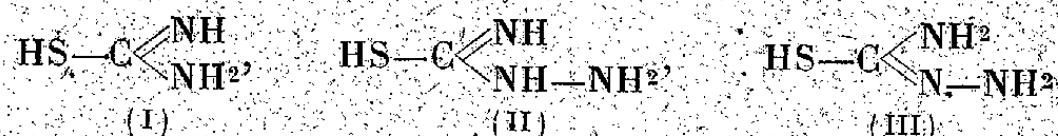
1,6,10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazines (XI) et (XII), la méthyl-1-phényl-10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (XIII), la diméthyl-1,7-*n*-butyl-10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazine (XIV), et les diméthyl-1,6-phényl-10-*n*-butyl-10, et α -naphtyl-10-dihydro-9,10-benzo-2,3-phénarsazines (XV), (XVI) et (XVII). Ce sont des corps incolores, mais présentant une forte tendance à l'halochromie et beaucoup moins toxiques que les substances chlorées dont ils dérivent.

MODE OPÉRATOIRE. — 1° *Préparation de (II)* : L'aldéhyde hydroxy-2-naphtoïque- α a été obtenu avec d'excellents rendements par la méthode de Fosse; il bout à 192° sous 27^{mm} et se conserve mal à l'air; on le réduit aussitôt par un grand excès de zinc amalgamé en milieu acéto-chlorhydrique. Après 48 heures de chauffage au reflux, on verse dans l'eau, épuise au benzène et traite comme d'ordinaire; (II) bout à 169° sous 10^{mm} (rendement : 40%). 2° *N-Phényl-méthyl-1-naphtylamine-2* (IV) $C^{17}H^{15}N$: 12^g de (II) sont chauffés à 200° pendant 7 heures avec 15^g d'aniline et quelques grains d'iode; le produit cherché (5^g) bout à 238° sous 12^{mm} et cristallise de l'éther de pétrole en aiguilles prismatiques incolores, F 98°, très solubles dans l'alcool et le benzène, et brunissant à l'air. 3° *N-m-tolyl-méthyl-1-naphtylamine-2* (V) $C^{18}H^{17}N$: se sépare de la ligroïne en fines aiguilles incolores F 94-95°, très solubles dans le benzène, l'alcool, et distillant à 240° sous 12^{mm}. 4° *N-p-tolyl-méthyl-1-naphtylamine-2* (VI) $C^{18}H^{17}N$: touffes de cristaux aciculaires, incolores, brillantes, peu solubles dans l'alcool, solubles dans le benzène, F 123°, E₁₂ 244°, brunissant à l'air comme le corps précédent. 5° (VII) $C^{17}H^{15}NClAs$: on chauffe quelques heures au reflux un mélange de 4^g de (IV), 3^g de Cl³As et 15^{cm} d'*o*-dichlorobenzène; par refroidissement, on a un précipité qui cristallise du xylène (peu soluble) en belles aiguilles jaune vif, brillantes, F 227-228° (décomp.) se dissolvant dans l'acide sulfurique en jaune vert. 6° (VIII) $C^{18}H^{15}NClAs$: aiguilles jaune orange, F 237° (décomp.) et se dissolvant en jaune verdâtre dans SO³H². 7° (IX) $C^{16}H^{13}NClAs$: aiguilles jaune orange (du xylène, très peu soluble) F 233-235° (décomp.) se dissolvant en jaune verdâtre dans SO³H². Le rendement est de 80 %, comme d'ailleurs dans les deux cas précédents. 8° (X) $C^{18}H^{16}NAs$: on fait agir 1^g de (VII), finement pulvérisé sur trois équivalents de bromure de méthylmagnésium dans un grand excès d'éther : la mixture s'échauffe, et le dérivé chloré se dissout rapidement. On agite, chauffe encore une demi-heure au reflux, décompose la liqueur presque incolore par la glace et ClNH⁴, sèche la couche étherée, évapore le solvant, et recristallise plusieurs fois le résidu dans l'éther : fins cristaux blanc jaunâtre (0^g,20) fondant à 124°, et se dissolvant dans SO³H² en orange. 9° (XI) $C^{19}H^{18}NAs$: paillettes incolores (de l'éther) F 139-140°, se dissolvant en orange dans SO³H². 10° (XII) $C^{19}H^{18}NAs$: aiguilles jaune pâle (de l'éther, peu soluble) F 164-165°, rendement meilleur que dans les deux cas précédents. La solution sulfurique est orange vif. 11° (XIII) $C^{23}H^{19}NAs$: on fait agir sur 1^{mol} de (VII) 4^{mol} de bromure de phé-

nylmagnésium (la réaction est nettement moins facile qu'avec le bromure de méthylmagnésium). Paillettes incolores (de l'éther) F 149°, se dissolvant en jaune orangé dans SO^4H^2 . 12° (XIV) $\text{C}^{23}\text{H}^{26}\text{NAs}$: obtenu à partir de (IX) et du bromure de *n*-butylmagnésium; paillettes blanc jaunâtre, onctueuses, très solubles dans l'éther, F 72°. L'acide sulfurique dissout en rouge orangé. 13° (XV) $\text{C}^{24}\text{H}^{20}\text{NAs}$: belles paillettes blanc jaunâtre, F 178° (de l'éther), se dissolvant en orangé dans SO^4H^2 . 14° (XVI) $\text{C}^{23}\text{H}^{26}\text{NAs}$: paillettes onctueuses jaunâtres, très solubles dans l'éther, F 88-89°, se dissolvant en rouge orangé dans SO^4H^2 . 15° (XVII) $\text{C}^{28}\text{H}^{22}\text{NAs}$: la réaction de (IX) avec le bromure de naphthyl-magnésium est plus laborieuse qu'avec les autres magnésiens. Cristaux jaune brillant (de l'éther, peu soluble) F 206°, se dissolvant dans l'acide sulfurique en brun orangé (l'addition d'eau produit une coloration rose). 16° *Acides arsiniques provenant de l'oxydation de* (VII), (VIII) *et* (IX) : ces corps, de formule générale $\text{O}=\text{As}(\text{OH})>\text{R}$, ont été obtenus en traitant (VII), (VIII) et (IX) par le perhydrol acétique. Ce sont des poudres microcristallines jaunâtres, ne fondant pas, et donnant des sels assez peu solubles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'isothiosemicarbazide : les hydrazinothiazolinones*. Note de MM. PIERRE CHABRIER et LOUIS PALLU, présentée par M. Marcel Delépine.

Si les dérivés de la pseudoforme (I) de la thiourée ont déjà été décrits en

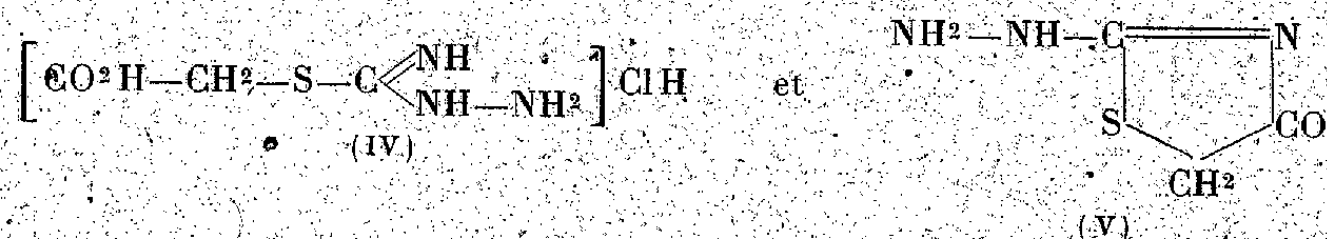


assez grand nombre, ceux de la pseudoforme (II) et (III) de la thiosemicarbazide sont peu connus.

A notre connaissance le seul dérivé alkylé connu (l'iodhydrate de S-méthylthiosemicarbazide) a été décrit en 1901 par Freund et Paradies⁽¹⁾.

L'objet de cette Note est de présenter une nouvelle série d'hétérocycles soufrés, les *hydrazinothiazolinones*, provenant de l'action des acides α -halogénés sur la thiosemicarbazide ou les thiosemicarbazones d'aldéhydes.

Si l'on fait agir à chaud en milieu alcoolique l'acide monochloracétique sur la thiosemicarbazide, on obtient après refroidissement un abondant précipité constitué par le mélange des deux composés (IV) et (V)

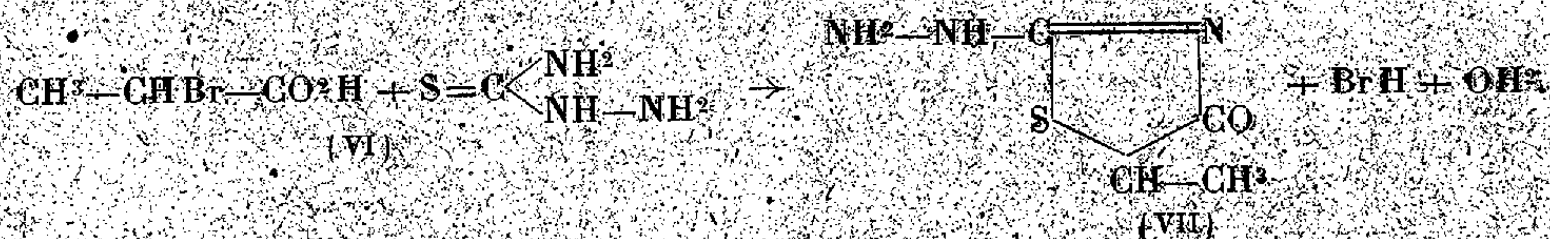


dans la proportion de 3 parties du composé (IV) pour une partie du composé (V) environ.

Ces deux produits sont facilement séparés en traitant le mélange par l'eau, qui dissout seulement le composé (IV). On obtient des résultats voisins si, au

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 3114.

lieu d'engager l'acide monochloracétique, on utilise le monochloracétate de sodium, ou le monochloracétate d'éthyle. L'acide α -bromopropionique (VI) conduit à des résultats semblables et l'on obtient le composé (VII) :



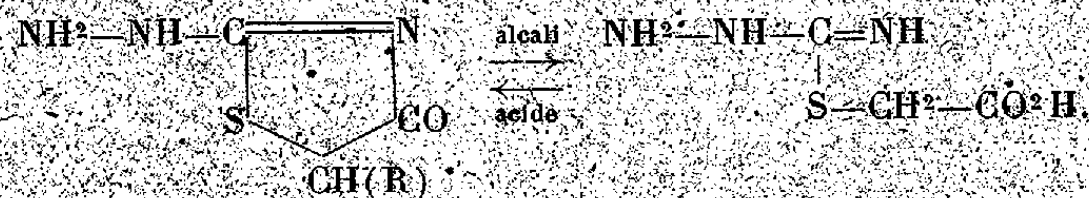
L'acide α -bromovalérianique ($\text{C}^3\text{H}^7\text{.CHBr.CO}^2\text{H}$) ne se fixe pas sur la thiosemicarbazide.

PROPRIÉTÉS. — Nous admettrons la numérotation conventionnelle.

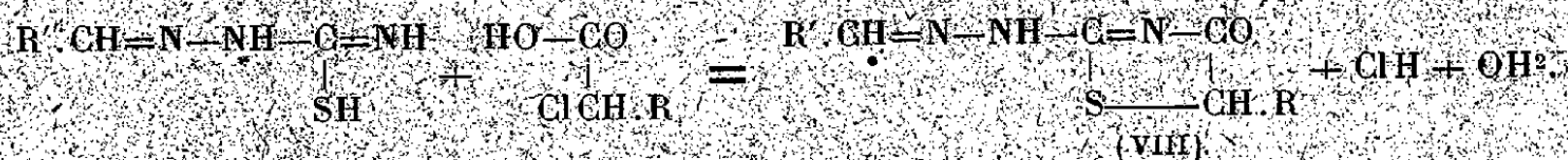


Les hydrazinothiazolinones obtenues ont un point de fusion élevé; elles sont très peu solubles dans l'eau bouillante et dans la plupart des solvants organiques ordinaires (alcool, acetone, sulfure de carbone, éther); elles se dissolvent aisément dans les acides concentrés, d'où elles reprécipitent par dilution; elles sont facilement solubles dans les alcalis et les carbonates alcalins, d'où l'on peut les reprécipiter par l'acide acétique.

Les hydrazinothiazolinones sont neutres aux indicateurs colorés (phtaléine du phénol). Les alcalis ou les carbonates alcalins les hydrolysent lentement à froid, plus rapidement à chaud, en conduisant aux composés (IV) solubles dans l'eau, qui, à leur tour, se cyclisent facilement à la température du bain-marie si l'on passe en milieu acide minéral. On a donc, suivant l'état du milieu, les réactions



Les hydrazinothiazolinones se combinent aisément aux aldéhydes en milieu alcoolique ou carbonaté pour conduire à des hydrazones (VIII), que l'on obtient très facilement si l'on fait agir, en milieu alcoolique, un acide α -halogéné sur la thiosemicarbazone d'un aldéhyde :



Les propriétés des hydrazinothiazolinones (neutralité au réactif coloré, groupement hydrazinique libre), coïncidant avec les résultats de l'analyse, justifient la formule proposée pour les représenter.

	F.	S %.	
		trouvé.	théorie.
$C^2H^5ON^1S$, hydrazinothiazolinone (se décompose).....	350°	26,62	26,89
$C^9H^9ON^3S$, benzylidène-7-hydrazinothiazolinone.....	258	15,15	15,45
$C^{10}H^{11}O^2N^3S$, <i>para</i> -méthoxybenzylidène-7-hydrazinothiazolinone.....	255	13,23	13,54
$C^{12}H^{15}ON^3S$, <i>para</i> -isopropylbenzylidène-7-hydrazinothiazolinone.....	199	12,51	12,85
$C^3H^7ON^3S$, méthyl-3-hydrazinothiazolinone.....	208	23,86	24,06
$C^{10}H^{11}ON^3S$, benzylidène-7-méthyl-3-hydrazinothiazolinone.....	231	14,36	14,48
$C^{11}H^{13}O^2N^3S$, <i>para</i> -méthoxybenzylidène-7-méthyl-3-hydrazinothiazolinone.....	229	12,32	12,58
$C^{13}H^{17}ON^3S$, <i>para</i> -isopropylbenzylidène-7-méthyl-3-hydrazinothiazolinone.....	187	11,87	12,16

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur les racines aériennes de Phalaenopsis Schilleriana* Rehb. Note de M^{me} ROGER HEIM, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les racines aériennes de *Phalaenopsis Schilleriana* Rehb. se dirigent obliquement par rapport au sol dès leur sortie de la tige et se fixent solidement sur tout objet rencontré à condition que celui-ci soit rugueux (bois, terre cuite, grès etc.).

Des expériences effectuées à plusieurs reprises dans les serres du Muséum d'Histoire naturelle nous ont, en effet, montré que cette condition est indispensable : en plaçant au contact des jeunes racines, soit une plaque de verre à vitre, soit une feuille d'étain, et en suivant leur croissance pendant plusieurs semaines, nous n'avons observé aucun changement dans l'aspect extérieur de ces organes qui ont continué de s'allonger tout en restant cylindriques, sans adhérer au support. Par contre, les racines voisines du point d'insertion sur la tige, aussitôt après avoir touché les bords ou les parois du pot de terre poreuse contenant la plante, rampent à leur surface en s'y fixant fortement; en même temps, ces racines s'aplatissent, deviennent dorsiventrals et prennent ainsi l'aspect d'un ruban intimement accolé au substratum.

Dans la présente Note nous exposerons les modifications que les divers tissus subissent dans les racines aplaties, ainsi que le moyen par lequel ces racines se fixent sur les objets rugueux rencontrés.

En comparant la région supérieure et inférieure d'une coupe transversale effectuée dans une racine aplatie, on est frappé par les modifications des tissus de revêtement et de l'écorce. Par contre, le cylindre central conserve la même structure et le même contour cylindrique que dans les racines non aplaties.

Voile. — Chez les Orchidées épiphytes, l'absorption de l'eau est assurée par les racines : celles-ci condensent l'humidité de l'air et c'est le voile qui assume

le rôle de condensation de la vapeur pour les besoins de la plante. Or c'est surtout dans ce tissu que, dans les racines dorsiventrals, nous trouvons les caractères qui marquent la différence entre les deux faces : d'abord, par les modifications des membranes cellulaires, ensuite par l'apparition de poils qui font complètement défaut dans les racines libres.

Dans la partie dorsale des racines de *Phalænopsis Schilleriana*, le voile est composé de deux assises de cellules dissemblables : l'assise externe constituée de cellules à parois minces, ornées d'épaississements sous forme de bandes spirales tandis que, dans l'assise interne, les éléments constitutifs sont plus courts et ont leurs parois uniformément épaissies et dépourvues d'ornementations.

Au niveau de la face inférieure, ventrale, de la racine, les cellules du voile interne changent d'aspect : elles s'allongent beaucoup, parfois deux ou même trois fois plus que les cellules externes et acquièrent la même structure que ces dernières, c'est-à-dire que leur membrane devient mince et s'orne de spires épaisses.

La transition graduelle entre les caractères anatomiques de ces deux sortes de membranes a lieu dans les parties latérales de la racine aplatie où les cellules possèdent des spires peu distinctes, comme E. de Janczewski ⁽¹⁾ l'a signalé dans d'autres Orchidées à racines dorsiventrals.

D'autre part, dans cette même région ventrale, les cellules du voile externe, constitué d'*utricules spongieuses* ⁽²⁾, se prolongent en poils unicellulaires simples ou ramifiés. La membrane de ces poils est munie d'épaississements spirales de même nature que ceux du voile. Il s'agit d'une transformation de la membrane initiale cellulosique en cutine qui reste insoluble dans le réactif de Schweizer et se colore par le Soudan et la chrysoidine. Le rôle de ces spires est de donner plus de rigidité aux poils destinés à se fixer comme des crampons dans les porosités du support.

Tissu subéreux. — Il est sous-jacent au voile et constitué de cellules à membranes épaissies en fer à cheval comme dans un endoderme (endoderme externe de Oudemans). Dans les racines dorsiventrals de *Phalænopsis*, l'épaississement de ces membranes n'est pas le même dans les deux faces : très épaisses (9 à 10^µ) dans la face dorsale, les membranes s'amincissent presque de moitié (4 à 6^µ) dans la face ventrale. La différence entre l'épaisseur de ces membranes est surtout visible lorsqu'on emploie la phloroglucine alcoolique en présence d'acide chlorhydrique concentré, car ces membranes, en réalité lignifiées et non subéreuses, prennent une belle couleur rouge vif.

Ecorce. — Les cellules du parenchyme cortical latéral s'allongent à la fois

⁽¹⁾ *Ann. Sc. Nat.*, 7^e série, 2, 1885, pp. 55-81.

⁽²⁾ A. CHATIN, *Mém. de la Soc. imp. des Sc. de Cherbourg*, 4, 1856, pp. 5-18.

longitudinalement et radialement, de manière à occuper une plus grande surface de contact avec le support. En même temps, dans la moitié ventrale de la racine, l'allongement des cellules sous-jacentes du voile a lieu d'une manière à la fois longitudinale et tangentielle. Au contraire, dans la moitié dorsale, convexe, de la racine, les cellules ne grandissent que dans le sens longitudinal et présentent une section circulaire.

Il serait intéressant de rechercher le déterminisme de ces changements dans la polarité de l'allongement suivant les différentes parties de la racine.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action simultanée du phényluréthane et de la colchicine sur les méristèmes radiculaires d'Allium Cepa L.* Note de M. Guy Deysson, présentée par M. René Souèges.

Nous avons précisé ⁽¹⁾ le seuil d'action de la colchicine, décrit le mode d'action du phényluréthane sur les processus cinétiques et montré que les phénomènes provoqués respectivement par les deux substances ne sont pas exactement superposables. Nous nous proposons d'étudier ici l'effet, sur les racines d'*Allium Cepa L.*, d'un traitement simultané par des doses faibles de ces deux agents. Nos expériences ont été conduites de la manière habituelle, sur liquide de Knop dilué au demi et en renouvelant chaque jour les solutions.

Dans un premier cas, nous avons fait agir les deux substances à des taux correspondant à leur seuil d'action. Un bulbe d'*Allium* pourvu de racines de 1 à 2^{cm} a été sectionné en trois, de façon à fournir des lots de racines exactement comparables; une fraction a été placée sur solution saturée de phényluréthane diluée au 1/15, la seconde sur milieu colchiciné à 0^g,005 %, et la troisième sur milieu contenant à la fois colchicine et phényluréthane aux doses précédentes. L'expérience a duré 9 jours; l'allongement d'un certain nombre de racines a été noté et l'on a construit des courbes avec la moyenne des résultats obtenus dans chaque cas.

Les racines soumises à l'action de la colchicine se sont tuméfiées au bout de 48 heures; puis l'allongement a continué, se traduisant par des intumescences allongées ou en chapelet. Les racines soumises à l'action du phényluréthane ne se sont pas tuméfiées; leur allongement, identique à celui du lot précédent pendant les 4 premiers jours, a complètement cessé au bout de 5 à 6 jours.

Enfin les racines traitées simultanément par les deux corps étaient toutes tuméfiées dès le premier jour; les jours suivants on a constaté d'une part que l'allongement des racines ainsi que la grosseur des tumeurs ont toujours été inférieurs à ce que l'on a observé sur milieu colchiciné, et d'autre part que

(¹) *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 289 et 366.

L'allongement a continué, bien que plus faiblement, après le cinquième jour. L'examen cytologique a montré que, sur milieu colchiciné, les cinèses normales ont persisté à côté des stathmocinèses apparues le deuxième jour et qu'au bout de 7 jours elles étaient encore à peu près en nombre égal; sur le milieu additionné de phényluréthane, on notait au bout de 24 heures de nombreuses cinèses normales, quelques stathmocinèses, plusieurs anaphases à fuseau tripolaire; le quatrième jour, les cinèses, devenues très rares, étaient encore normales pour la plupart; enfin, le septième jour, plusieurs racines étaient déjà mortes. Chez les racines traitées simultanément par les deux corps, les stathmocinèses étaient déjà nombreuses au bout de 24 heures ainsi que les diverses anomalies résultant de l'action du phényluréthane; les jours suivants, la proportion des stathmocinèses par rapport aux cinèses normales a continué à paraître plus élevée que dans le cas du simple traitement colchiciné; enfin, aucune racine n'était morte le neuvième jour.

Une expérience du même type a été faite en utilisant cette fois des doses inférieures au seuil, à savoir une solution saturée de phényluréthane diluée au 1/25 et une solution de colchicine à 0^e, 002 %. Sur milieu colchiciné, l'allongement s'est toujours poursuivi normalement et l'on n'a jamais observé d'anomalies cinétiques. Pour les racines soumises à l'action du phényluréthane, l'allongement a été nettement plus faible; on a constaté l'apparition de stathmocinèses à partir du troisième jour, mais celles-ci ont toujours été en très petit nombre. Enfin, pour les racines soumises simultanément à l'action des deux corps, l'allongement, intermédiaire entre les deux cas précédents pendant les premiers jours, est devenu nettement plus faible vers le sixième ou septième jour; on a observé quelques intumescences, contrairement aux deux cas précédents, et les stathmocinèses apparues vers le deuxième jour sont devenues assez nombreuses les jours suivants.

En résumé,

1° Le phényluréthane provoque normalement la mort rapide de la racine, contrairement à la colchicine. En présence de cette dernière, la toxicité du phényluréthane s'est montrée dans certaines expériences diminuée et, en tous cas, jamais augmentée.

2° La colchicine provoque beaucoup plus rapidement et plus fortement que le phényluréthane la tuméfaction des racines. En présence des deux substances, la tuméfaction est plus précoce et moins marquée; pour des doses inférieures aux seuils d'action de chacune d'elles, il se manifeste pourtant une légère tuméfaction.

3° Le nombre total des cinèses, normales et aberrantes, est diminué, par rapport aux témoins colchicinés, par la présence du phényluréthane (action mitodépressive).

4° En ce qui concerne les stathmocinèses, et par rapport aux témoins col-

chicinés, leur proportion est augmentée par la présence de phényluréthane. En ce qui concerne les autres anomalies du processus caryocinétique, toujours très rares après action de la colchicine, elles sont, lorsque les deux substances agissent simultanément, au moins aussi nombreuses qu'après action du phényluréthane seul.

Ces phénomènes, d'interprétation délicate, peuvent, nous semble-t-il, s'expliquer facilement si l'on distingue nettement l'action mitoclasique (plus marquée pour la colchicine), de l'action mitodépressive (nulle ici pour la colchicine et bien nette pour le phényluréthane). Dans ces conditions les actions mitoclasiques des deux substances s'additionneraient (les stathmocinèses sont plus nombreuses, favorisant la tuméfaction); d'autre part, l'action mitodépressive du phényluréthane serait atténuée par la présence de la colchicine, d'où l'apparition d'états intermédiaires entre ceux qui résultent de l'action de l'une ou l'autre des substances employée seule.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évanouissement et pollinisation de la fleur du Baobab.*

Note de M. PAUL JÉGER, présentée par M. Auguste Chevalier. .

Le Baobab (*Adansonia digitata* L., Bombacées) fleurit pendant la saison des pluies (observations faites au Sénégal et au Soudan en 1943-44). A Dakar la floraison débute dans la deuxième moitié du mois de juin; elle se poursuit jusqu'en août-septembre; les fruits mûrissent en janvier-février, pendant la saison sèche. Les fleurs s'épanouissent dès la tombée de la nuit, vers 21 heures au mois de juillet. Boutons floraux et fleurs épanouies pendent librement dans l'air au bout de pédoncules longs d'environ 50^{cm}, organes dont nous préciserons plus tard la valeur morphologique. Dans le bouton floral, sépales et pétales sont donc franchement orientés vers le bas. Dès la nuit tombante les cinq sépales, à préfloraison valvaire, commencent à se séparer et à s'enrouler vers le haut, montrant leur face interne. Quand ces organes sont environ à mi-chemin de leur course, les cinq pétales, à préfloraison tordue, plissés et chiffonnés dans le bouton floral, commencent à se déplisser et à prendre une position d'abord sub-horizontale : les mouvements sont assez rapides pour être suivis à l'œil nu. A partir de ce moment les pétales subissent un mouvement ascendant plus lent mais continu et, environ 15 à 20 minutes après le début du phénomène, les mouvements d'épanouissement de la fleur sont terminés. Les pétales sont alors franchement dressés vers le haut, cachant le calice. Le tube staminal, dans l'axe du pédoncule, est dirigé vers le bas; il se résout à son extrémité inférieure en une infinité d'étamines dont les filets, ascendants ou à position sub-horizontale, constituent une sorte de couronne à une certaine distance au-dessous de la corolle. Le tube staminal livre passage au style. Ce dernier

comporte une portion basale cheminant dans l'axe du tube staminal et une portion distale rebrousée vers le haut, faisant avec la première un angle aigu amenant le stigmate à un niveau dominant celui des anthères.

Au moment de l'épanouissement, la fleur est d'un blanc éclatant (face interne des pétales); elle exhale une odeur peu agréable. Dès le lendemain la fleur perd son éclat, elle se flétrit vers la fin de la journée et, le plus souvent, corolle, tube staminal et étamines, qui sont d'une pièce, tombent au cours de la deuxième nuit, glissant le long du style devenu flasque. Les sépales perdent peu à peu leur turgescence et couvriront le jeune ovaire en voie de maturation. A peine épanouies les fleurs du Baobab sont visitées, d'une façon assidue, par des chauves-souris (*Eidolon helvum* Kerr) (Th. Monod, *déterminavit*). Ces animaux s'accrochent à la fleur en enfonçant leurs griffes dans les pétales. Les tissus de la corolle étant riches en tanins (FeCl^3 ; $\text{Cr}^3\text{O}^7\text{K}^2$); les traces laissées par les visiteurs nocturnes se reconnaissent le lendemain matin à leur teinte brunâtre (oxydation des tanins). Le laps de temps pendant lequel ces animaux restent agrippés à la fleur est généralement assez court; le maximum observe ne dépasse pas une vingtaine de secondes.

La fleur du Baobab sécrète un liquide clair, de saveur sucrée et d'emblée réducteur. Ce liquide se collecte à la base des pétales dans le sillon annulaire formé par le rebroussement de ces organes vers le haut. Les Chauves-souris, on le sait, sont très friandes de fruits et de jus sucrés, et nous pensons que c'est ce liquide qu'elles viennent chercher. D'ailleurs les fleurs ayant subi l'ablation du tube staminal sont visitées d'une façon aussi assidue que les fleurs intactes. Ce faisant, les Chauves-souris se couvrent de pollen et, en frôlant le stigmate, en assurent la pollinisation. Nous avons comparé des stigmates de fleurs vierges venant de s'épanouir à des stigmates de fleurs ouvertes depuis peu, mais ayant été visitées à plusieurs reprises. Les papilles stigmatiques des premières sont pratiquement dépourvues de pollen, celles des secondes en comportent déjà des quantités notables (les anthères entrent en déhiscence au cours de l'après-midi, plusieurs heures avant l'épanouissement de la fleur). L'examen de plusieurs individus d'*Eidolon* nous a permis de constater la présence de grandes quantités de pollen de Baobab dans le feutrage des poils des faces ventrale et dorsale, sur les ailes et dans le contenu stomacal.

Le moindre choc contre le pédoncule floral ou le tube staminal suffit pour faire tomber de la fleur une véritable poussière de pollen, dont une partie est susceptible d'être interceptée dans sa chute par des papilles stigmatiques, dont le développement est considérable. Ce même phénomène est provoqué par la visite des Chéiroptères ou les courants atmosphériques. Les Chauves-souris ne sont donc pas les seuls agents se chargeant de la pollinisation du Baobab.

Origine du liquide sucré. — Une fleur dont on a réséqué les sépales ne produira plus de liquide sucré. La face interne d'un sépale comporte une région supérieure jaune clair

et une région inférieure, moins étendue, d'un brun jaunâtre chatoyant. Ces deux régions sont recouvertes de poils tecteurs appliqués contre le sépale et orientés de bas en haut. Au niveau de la région inférieure, on voit perler des gouttelettes possédant une saveur sucrée. En coupe transversale la région inférieure montre un épiderme fortement plissé supportant des poils tecteurs unicellulaires à membrane épaisse, longs d'environ 1^{mm} et, en nombre considérable, des poils sécréteurs pluricellulaires à membrane fine, dressés, serrés les uns contre les autres et d'environ 200^μ de long. Les cellules apicales de ces poils sécréteurs possèdent un cytoplasme dense et un noyau volumineux. La zone sous-jacente, examinée avant l'épanouissement de la fleur, se montre riche en amidon; le lendemain matin on constate que cet amidon a disparu pour la plus grande partie.

La fleur du Baobab se caractérise ainsi : 1° la plupart des pièces florales (sépalés, pétales, étamines, style), obéissant à un géotropisme négatif, se redressent vers le haut; 2° cette fleur présente à la fois une adaptation à la pollinisation zoophile (taille, nectar, odeur...) et à la pollinisation anémophile (pollen sec, abondant, papilles stigmatiques très développées...).

HYDROBIOLOGIE. — *La membrane biologique des filtres à sable submergé. Membrane de printemps.* Note de M. JACQUES WAUTIER, présentée par M. Maurice Caulléry.

Pendant longtemps on s'est adressé exclusivement aux eaux de source pour l'alimentation des villes en eau potable. Puis les besoins toujours croissants obligèrent à faire appel aux eaux de surface, dont il fallut envisager la purification.

Depuis Simpson, l'épuration des grandes masses d'eau se fait par filtration à travers le sable. Dans la filtration lente, à sable submergé, l'eau circule dans de vastes bassins, à travers une épaisse couche de sable constamment noyée.

Lorsqu'un filtre est neuf, ou qu'il vient d'être nettoyé, l'analyse bactériologique de l'effluent révèle qu'au début son pouvoir de rétention vis-à-vis des germes est faible (Fraenkel et Piefke 1871-1890, Plagge et Proskauer 1887, Kemma 1899-1905). C'est seulement après quelques jours que l'épuration atteint sa valeur normale. Le débit du filtre diminue peu à peu, en même temps que les particules et les organismes véhiculés par l'eau se déposent à la surface du sable et que ces derniers y prolifèrent activement. Il en résulte la formation d'une pellicule complexe, la *membrane biologique* (*filtering skin*, ou *film*, des auteurs anglais, *Schmutzdecke* des auteurs allemands), dont l'importance et le rôle n'ont pas été également admis par tous les hygiénistes (Frankland, Kemma, Pennink, Puech).

L'étude descriptive de la membrane a été entreprise de manière assez succincte par Strohmeyer à Hambourg (1897) et par Van Heurck et Kemma à

Anvers (1899). Ce dernier auteur représente cette membrane comme un ensemble d'algues vertes et bleues, dont les filaments sont entrelacés en un feutrage avec, dans les mailles, d'innombrables diatomées et des zooglées, le tout étant criblé de microbes.

La présente Note a pour objet la relation sommaire des premiers faits que j'ai observés, au printemps dernier, relativement à la structure et au peuplement de la membrane biologique. Le filtre examiné est le n° 31 de la station d'Ivry-sur-Seine. Ce bassin a été remis en service le 8 mai, après nettoyage, et fonctionnait donc depuis 31 jours lors des prélèvements le 7 juin.

La membrane se composait :

1° d'une couche supérieure, ou zone superficielle, d'un encombrement notable (10 à 15^{cm} d'épaisseur), de texture lâche, ne présentant que des liens fragiles avec le substrat;

2° d'une couche inférieure, ou zone profonde, de faible épaisseur (3 à 5^{mm}), de texture serrée étroitement liée au sable sous-jacent.

La zone superficielle possédait une structure en réseau, constituée essentiellement par des filaments coloniaux de la diatomée *Melosira varians* Ag. entrelacés. Ceux-ci enserraient, dans les mailles, des bulles d'oxygène et présentaient des amas de particules organiques et minérales, agglutinées aux nœuds du réseau. Par places, cette disposition était remplacée par des touffes de *Spirogyra tenuissima* Kütz.

La zone à *Melosira* était ainsi constituée :

Bacillariales.

<i>Melosira varians</i> Ag.	95,5
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>constricta</i> Gr.	2,8
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	1,5
<i>Diatoma elongatum</i> Ag.	0,2

Quelques espèces animales ont été rencontrées dans cet ensemble.

Pour 200 *Melosira* il y avait :

Gifés, <i>Stylonychia mytilus</i> Ehr.	2
Rotifères, <i>Colurella uncinato</i> O. F. Müller.	1
« <i>Dinocharis pocillum</i> O. F. Müller.	2
« <i>Anurea cochlearis</i> Gos.	1
Oligochètes, <i>Ælosoma Hemprichi</i> Ehr.	3
Ostracodes, <i>Cypris</i> O. F. Müller species.	1*

J'ai reconnu que, lors de l'établissement de la zone profonde, les organismes qui la composent ne se développent pas directement sur le sable, mais sur une pellicule, constituée par les particules diverses, apportées par l'eau et sédimentées.

Il en résulte la formation d'un ensemble complexe, ou zone profonde, com-

prenant un dépôt organominéral et la population développée au sein de ce milieu. Cette dernière sera seule examinée ici. Elle forme une croûte brune, de texture finement feutrée, assez cohérente, rappelant par son aspect le thalle d'un lichen foliacé.

Voici quel a été le résultat de l'analyse microscopique de cette zone :

Bacillariales.

<i>Melosira varians</i> Ag.	54,7
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>constricta</i> Gr.	42,2
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	1,1
<i>Nitzschia linearis</i> W. Sm.	0,4
<i>Gyrosigma Spenceri</i> W. Sm.	0,2
<i>Cymatopleura solea</i> Bréb.	0,1

Chlorococcales.

<i>Chlorella</i> B. species	1,1
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.	0,1
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Bréb.	0,1

La population animale se composait, pour 340 *Melosira*, de :

Rhizopodes, <i>Amœba guttula</i> ,	1
Flagellés, <i>Bodo</i> species.	3
Ciliés, <i>Stylonichya mytilus</i> .	3
<i>Euplotes patella</i> Ehr.	5
* Copépodes, <i>Canthocamptus horridus</i> Fisch.	1

Les bactéries diverses qui pullulent dans la membrane nécessitent, en raison de l'importance de leur rôle dans la vie de cette membrane, une étude spéciale. Elles ne seront pas envisagées ici.

En résumé, j'ai distingué, dans cette membrane de printemps, une couche superficielle de structure lâche et une couche profonde de structure serrée comprenant un substrat organominéral et la population de celui-ci. J'ai ensuite donné la liste des espèces constituant ces populations. On remarque que, dans chacune des deux zones, les diatomées forment la masse principale, avec une ou deux espèces nettement prédominantes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — La sulfure-oxydase des Vertébrés supérieurs.

Note de M. MEG. DER GARABEDIAN, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré l'existence, dans le rein et le foie des Vertébrés supérieurs, d'un système biologique oxydant les sulfures en thiosulfates (¹). Ce système

(¹) M. DER GARABEDIAN et CL. FROMAGEOT, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 216; M. DER GARABEDIAN, *Thèse Sc. Nat.*, Paris, 1944; *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 399; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 409.

est intracellulaire, existe dans la plupart des tissus des espèces explorées (Rat, Lapin, Chien, Bovides, Ovides) et est absent, par contre, des milieux liquides comme le sang, l'urine et la bile⁽²⁾.

Ce système présente un certain nombre de caractères qui permettent de lui attribuer une nature enzymatique.

Les conditions expérimentales sont les mêmes que celles décrites antérieurement : incubation en aerobiose en tampon phosphate à pH 7,2 ; température 38°C. ; substrat, solution de $\text{SNa}^2 \cdot 9\text{H}^2\text{O} = 2400\gamma$ de S^- par essai. Les résultats sont exprimés en γ de S de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$ pour le temps d'incubation indiqué, quantité d'où a été défalqué le taux de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$ produit en l'absence de système biologique dans les mêmes conditions physicochimiques.

1° *Solubilité dans les solutions salines.* — Les conditions de son extraction en témoignent. Une même quantité de foie (1^{re}) extraite par différentes solutions salines donne des préparations d'activité comparable :

Milieu d'extraction.	pH.	S de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$ formé (γ).
Tampon phosphate.....	7,2	600
» borate.....	7,2	400
Solution NaCl 9 ‰.....	—	400

2° *Précipitabilité par l'alcool.* — L'éthanol précipite le système actif de ses solutions salines. Pour des extraits en tampon phosphate, des concentrations croissantes d'alcool font passer dans la fraction précipitée des taux de substance active de plus en plus importants. Un extrait de foie de Lapin correspondant à 1^{re} d'organe frais, donnant avant précipitation et en 30 minutes de réaction 670 γ de S de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$, montre les valeurs suivantes :

Volume d'éthanol ajouté à 1 ^{re} d'extrait.....	1.	2.	3.	5.
S de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$ formé (γ).....	40	295	450	485
Taux précipité %.....	0,06	0,44	0,67	0,72

Le précipité alcoolique permet d'ailleurs, après élution, d'éliminer une importante fraction inactive ce qui augmente notablement l'activité relative des extraits.

3° *Non-dialysabilité.* — La dialyse pendant 48 heures à travers un sac de cellophane à pores très fines, contre de l'eau bidistillée, a donné comme résultat :

Extrait.....	non dialysé.	après dialyse.
S de $\text{S}^2\text{O}^{3=}$ formé (γ).....	900	1100

4° *Action destructrice de la chaleur.* — Etudiée en fonction du temps de chauffage, au bain-marie bouillant, sur différentes préparations (extrait en tampon phosphate, extrait purifié par précipitation à l'éthanol) :

(2) M. DER GARABEDIAN et P. GONNARD, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945 (sous presse).

Temps de chauffage à 100° (heure).	S de S ² O ³ = produit en 1 heure d'incubation.	
	Extrait en tampon phosphaté (γ).	Extrait purifié à l'éthanol (γ).
0.....	545	550
1.....	545	520
2.....	545	520
3.....	290	330
4.....	290	230
6.....	290	230

L'inactivation par la chaleur, entre les deuxième et troisième heures, ne semble guère modifiée par le traitement à l'alcool. Nous recherchons actuellement si l'activité de la fraction thermolabile et celle de la fraction thermostable sont dues ou non à des substances actives identiques.

L'ensemble du système est en tout cas de nature organique, car son incinération réduit à néant son pouvoir oxydant.

	Extrait non traité.	Solution des cendres.
S de S ² O ³ = en 30 minutes (γ).....	1075	25

5° pH *optimum*. — Mis en évidence sur un extrait de foie de Chien en tampon phosphaté :

pH.....	5,4	6,4	7,2	7,8	8,4
S de S ² O ³ = formé en 30 minutes (γ):..	630	630	750	380	290

6° *Température d'action optimum*. — Étudiée sur un extrait de foie de Chien en tampon phosphaté :

Température (°C.).....	15	27	38	45	55	65	85
S de S ² O ³ formé en 30 minutes (γ).....	110	225	645	710	200	170	170

7° *Loi logarithmique de l'oxydation de S= en S²O³= en fonction de concentrations croissantes de système actif*. — Recherchée sur un broyat de foie de Rat, elle nous a fourni les résultats suivants :

Broyat de foie (mg pds sec.).....	107.	212.	432.
S de S ² O ³ oxydé (γ).....	305	550	740
Q _{S²O³=} (*).....	5,7	5,2	3,4

(*) Q_{S²O³=} correspond au nombre de γ de S de S²O³= produit par milligramme de système actif et par heure.

Nous avons là un faisceau d'arguments qui nous paraît suffisant pour envisager le système oxydant, que nous dénommerons *sulfure-oxydase*, comme étant de nature enzymatique.

A 15^h 45^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Antonin Gosset* :

<i>En première ligne</i>	M. HENRI HARTMANN.
<i>En seconde ligne, ex æquo par</i> {	MM. MAURICE CHEVASSU,
<i>ordre alphabétique</i>	RENÉ LERICHE.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 novembre 1944.)

Note de MM. *Henri Fournier* et *Jean-Jacques Trillat*, Étude aux rayons X de certains caoutchoucs de synthèse : cas des polychloroprènes :

Page 447, ligne 2, *au lieu de* M. Henri Fournier, *lire* M. Maurice Fournier.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En présentant des *Nouvelles observations sur les Fulgurites du Sahara*, M. A. LACROIX s'exprime en ces termes :

Lorsque, en 1935, je terminais un travail sur les *Fulgurites* du Sahara ⁽¹⁾, un jeune géologue, FERNAND JACQUET, étant venu à mon laboratoire du Muséum, je lui demandai de recueillir tous les échantillons qu'il en rencontrerait dans le bled qu'il allait bientôt parcourir à nouveau.

Le 4 août 1936, il m'envoyait le résultat de ses premières recherches.

Il allait bientôt mourir tragiquement, alors qu'il remplissait si bien son devoir de bon géologue dans les espaces désertiques de la Mauritanie. Son camarade et ami, Maurice Nicklsé, m'a remis le résultat de ses récoltes postérieures, avec quelques Notes retrouvées dans son carnet de route.

J'ai tenu à compléter et publier le présent travail, comme témoignage de sympathie et de haute estime pour ce jeune homme si plein d'enthousiasme pour la recherche, de courage et d'endurance professionnels, et aussi comme témoignage des regrets que j'ai éprouvés en voyant disparaître prématurément un travailleur sur qui l'on pouvait compter pour l'étude géologique de la France d'outre-mer.

Plus tard j'ai reçu, de cette même Mauritanie, des *Fulgurites*, recherches de deux vaillantes femmes, M^{lles} Odette de Puygaudeau et Marion Senones; puis d'autres documents d'une région saharienne différente, provenant du Tassili des Adjers, puis de Bruneau de Laborie, et enfin du prince Sixte de Bourbon, qui m'a remis des échantillons et des observations.

Ces nouvelles observations sur les *Fulgurites* du Sahara ont été publiées par le Service des Mines de l'A. O. F. en 1942, mais elles ne sont parvenues ici qu'il y a quelques jours par voie d'avion.

(1) Ce Mémoire, présenté à la séance de l'Académie des sciences coloniales du 21 juin 1933, tiré à part en 1936, a été publié dans le tome 18, 1942.

M. **GEORGES BOULIGAND** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les aspects intuitifs de la mathématique*, qu'il vient de publier dans la collection *l'Avenir de la Science*.

NOMINATIONS.

MM. **ÉM. BOREL**, **A. COTTON** et **É. CARTAN** sont désignés à nouveau pour faire partie du Conseil d'administration de l'*Institut de mécanique de la Faculté des Sciences*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *Antonin Gosset*, décédé. Le nombre de votant étant 43,

M. Henri Hartmann	obtient.....	30	suffrages
M. Maurice Chevassu	»	9	»
M. René Leriche	»	4	»

M. **HENRI HARTMANN**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

EUGÈNE SCHNEIDER. *Le Charbon, son histoire, son destin*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les fonctions aléatoires stationnaires laplaciennnes*.
Note de M. **ANDRÉ BLANC-LAPIERRE**.

I. J'ai montré ⁽¹⁾ que les fluctuations causées dans les amplificateurs par l'effet de grenaille introduisaient une fonction aléatoire stationnaire $x(t)$. Soient ρ la densité des chocs électroniques, τ la constante de temps de l'amplificateur; posons $y(t) = [x(t) - \bar{x}] / \sqrt{\rho\tau}$:

THÉORÈME 9. — $\rho\tau$ étant supposé très grand et $t_1 \dots t_n$ étant n valeurs quelconques de t , les variables liées $y(t_1) \dots y(t_n)$ obéissent, quel que soit n , à une loi de

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 73; 218, 1944, pp. 924 et 985.

Laplace. La fonction caractéristique Φ est donnée par

$$(7) \quad L\Phi\{u_1, \dots, u_n\} = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f(t_i - t_j) u_i u_j$$

$f(\theta) = f(t_i - t_j)$ est la *fonction de corrélation* de $y(t)$; c'est le produit du coefficient de corrélation par $\overline{y^2}$; $f(\theta)$ est une fonction paire; à cause des propriétés des amplificateurs, elle a partout des dérivées de tous ordres, sauf peut-être pour $\theta = 0$ où les dérivées à gauche peuvent différer des dérivées à droite. Les ordres de grandeur usuels de ρ et de τ sont tels qu'en pratique le théorème 9 est toujours applicable.

II. Faisant abstraction du problème d'électricité, $y(t)$ sera appelée *fonction aléatoire stationnaire laplacienne* si elle vérifie les conclusions du théorème 9. Si $f(\theta)$ est pourvu de dérivées continues du 1^{er} et du 2^d ordre, il existe une dérivée aléatoire $y'(t)$, continue en probabilité, dont la fonction de corrélation est $-f''(\theta)$ (2). Dans ces conditions :

THÉOREME 10. — La fonction aléatoire $y'(t)$ est une fonction aléatoire stationnaire laplacienne [dont la fonction de corrélation est $-f''(\theta)$]. Si $f'''(\theta)$ existe (et par suite est nul pour $\theta = 0$), on peut parler de $y''(t)$ [dont la fonction de corrélation sera $f'''(\theta)$] et affirmer son caractère laplacien.

III. Un système de p fonctions aléatoires stationnaires $g_1(t) \dots g_p(t)$, toutes définies sur une même catégorie d'épreuves, sera dit *stationnaire laplacien* (3) si, t_1, t_2, \dots, t_n étant n valeurs quelconques de t , la fonction caractéristique relative aux variables liées $X_j^i = g_i(t_j)$ est de la forme

$$(8) \quad L\Phi[\dots u_j^i \dots] = -\frac{1}{2} \sum f_{i,r}[t_j - t_r] u_j^i u_r^i \quad \text{avec} \quad f_{i,r}[0] = \overline{g_i(t) \cdot g_i(t - \theta)}.$$

Les np fonctions $f_{i,r}$ satisfont, en particulier, aux relations simples $f_{i,r}(\theta) = f_{r,i}(-\theta)$.

Si la fonction de corrélation $f(\theta)$ relative à une fonction aléatoire stationnaire laplacienne $y(t)$ possède des dérivées jusqu'à l'ordre $2p$ pour $\theta = 0$, on peut considérer le système $g_1(t) = y(t)$, $g_2(t) = y'(t)$, \dots , $g_{p+1}(t) = y^{(p)}(t)$.

THÉOREME 11. — Le système g_1, \dots, g_{p+1} est un système stationnaire laplacien dont les fonctions $f_{i,r}(\theta)$ s'expriment simplement au moyen des dérivées de $f(\theta)$

(2) VILLE, *ibid.*, 217, 1943, p. 101; LOËVE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 295.

(3) Après la rédaction de cette Note, qui précise les propriétés de l'approximation laplacienne, que j'ai considérée dans l'étude de l'effet de grenaille (*Comptes rendus*, 217, 1943, p. 73), je viens d'apprendre l'existence d'un article de Doob intitulé *The Elementary Gaussian Processes*, paru en septembre 1944 dans les *Annals of Mathematical Statistics*, qui paraît relatif à des processus aléatoires analogues à ceux dont il est question ici.

par applications successives des relations

$$(9) \quad f_{i,i'+1}(\theta) = -f'_{i,i'}(\theta) \quad \text{et} \quad f_{i+1,i'}(\theta) = f'_{i,i'}(\theta) \quad (*).$$

En particulier, pour $\theta = 0$, $f_{i,i'}$ est nul si $i + i'$ est impair.

IV. Soit un système S dont l'état, à l'instant t , est décrit par $g_1(t) \dots g_p(t)$ et dont l'évolution libre est régie par un système d'équations différentielles linéaires à coefficients constants. Je suppose que S soit amorti, c'est-à-dire que son évolution libre tende, par exemple, vers l'état d'équilibre $g_1 = \dots = g_p = 0$. Imaginons un mécanisme désordonné qui fournit aux paramètres g des accroissements Δg ; les fluctuations de S sont alors le résultat des actions antagonistes Δg et de la tendance vers l'équilibre. Dans beaucoup d'applications, il existe une durée Δt , petite par rapport aux constantes de temps de S, et telle que les apports aléatoires Δg fournis au cours d'un intervalle $t, t + \Delta t$ obéissent à une loi de Laplace indépendante de t et qu'il y ait indépendance statistique entre les apports dus respectivement à deux intervalles Δt disjoints. On peut alors montrer que le système g est stationnaire laplacien.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Analyse harmonique générale d'une fonction aléatoire*. Note de M. MICHEL LOËVE, présentée par M. Henri Villat.

Soit une fonction aléatoire X_α , généralement à valeurs complexes, d'un paramètre α réel. Nous supposons que sa covariance ⁽¹⁾

$$C(\alpha, \beta) = \mathfrak{M}(X_\alpha X_\beta^*),$$

où X_β^* est la quantité conjuguée de X_β , existe et est finie [pour simplifier l'écriture nous posons $\mathfrak{M}(X_\alpha) = 0$]. La lettre ξ désignera des variables aléatoires, généralement à valeurs complexes. Nous allons énoncer certains de nos résultats, relatifs surtout à l'analyse harmonique générale de X_α et valables sous certaines conditions de continuité et de convergence.

I. 1° *Fonction aléatoire périodique*. — Pour que X_α puisse se mettre sous la forme

$$X_\alpha = \lim_{M \rightarrow \infty} \text{en m. q. } X_M(\alpha), \quad \text{où } X_M(\alpha) = \sum_{|m| \leq M} e^{im\alpha} \xi_m \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots),$$

il faut et il suffit que la covariance de X_α puisse s'écrire

$$C(\alpha, \beta) = \lim_{\substack{M \rightarrow \infty \\ N \rightarrow \infty}} C_{M,N}(\alpha, \beta), \quad \text{où } C_{M,N}(\alpha, \beta) = \sum_{|m| \leq M} \sum_{|n| \leq N} e^{i(m\alpha - n\beta)} \gamma_{m,n}.$$

(*) Les relations (9) avaient été indiquées par Bernamont qui se basait sur des raisonnements plus intuitifs que rigoureux (*Ann. de Phys.*, 7, 1937, p. 84).

(1) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 295.

2° *Fonction aléatoire presque-périodique.* — Les résultats précédents s'appliquent encore au cas, plus général, où m parcourt un ensemble dénombrable quelconque de valeurs réelles.

II. 1° *Intégrale de Fourier stochastique.* — Pour que X_α puisse se mettre sous la forme

$$X_\alpha = \lim_{T \rightarrow \infty} \text{en m. q. } X_T(\alpha), \quad \text{où } X_T(\alpha) = \int_{-T}^{+T} e^{i\alpha t} d\xi_t,$$

il faut et il suffit que la covariance de X_α puisse s'écrire

$$C(\alpha, \beta) = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ T' \rightarrow \infty}} C_{T,T'}(\alpha, \beta), \quad \text{où } C_{T,T'}(\alpha, \beta) = \int_{-T}^{+T} \int_{-T'}^{+T'} e^{i(\alpha t - \beta t')} \gamma(t, t') dt dt'.$$

2° *Intégrale de Fourier-Stieltjes stochastique.* — Nous définissons l'intégrale de Stieltjes stochastique comme limite en m. q. de sommes de forme classique.

Pour que X_α puisse se mettre sous la forme

$$X_\alpha = \lim_{T \rightarrow \infty} \text{en m. q. } X_T(\alpha), \quad \text{où } X_T(\alpha) = \int_{-T}^{+T} e^{i\alpha x} d\xi_x,$$

il faut et il suffit que la covariance de X_α puisse s'écrire

$$C(\alpha, \beta) = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ T' \rightarrow \infty}} C_{T,T'}(\alpha, \beta), \quad \text{où } C_{T,T'}(\alpha, \beta) = \int_{-T}^{+T} \int_{-T'}^{+T'} e^{i(\alpha x - \beta x')} d^2 \gamma(x, x').$$

La loi des grands nombres devient

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \text{en m. q. } \int_{-T}^{+T} X_\alpha d\alpha = \xi_{+0} - \xi_{-0}.$$

Orthogonalité. — Pour que les $d\xi_t$ soient orthogonales, il faut et il suffit que l'on ait

$$C(\alpha, \beta) = D(\alpha - \beta) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i(\alpha - \beta)x} dF(x),$$

$F(x)$, fonction bornée, non décroissante, c'est-à-dire, il faut et il suffit que X_α soit une fonction aléatoire stationnaire, continue, d'ordre deux. Ainsi est mis en lumière le rôle joué par ces fonctions aléatoires dans l'ensemble des fonctions aléatoires examinées. De plus on retrouve leurs propriétés connues et l'on en obtient d'autres, comme cas particuliers des propriétés énoncées dans nos deux Notes.

III. *Équation différentielle stochastique.* — Soit l'opérateur différentiel

$$L_\alpha \equiv \alpha_n(\alpha) \frac{\partial^n}{\partial \alpha^n} + \dots + \alpha_0(\alpha)$$

et L_α^* cet opérateur où l'on remplace les $\alpha(\alpha)$ par leurs conjuguées.

Pour que X_α satisfasse à $L_\alpha(X_\alpha) = 0$, il faut et il suffit que sa covariance soit solution de l'équation aux dérivées partielles $L_\alpha L_\beta^*[C(\alpha, \beta)] = 0$ (solution à laquelle on imposera évidemment d'être une covariance).

$L_\alpha(X_\alpha) = A(\alpha)$ se ramène à une équation sans second membre en retranchant de X_α une solution certaine de cette équation.

IV. *Propriétés presque certaines.* — En imposant à la covariance des conditions supplémentaires, on peut rendre les propriétés en m. q. presque certaines. Ainsi, à titre d'indication : dans un intervalle (a, b) si $X_\alpha^{(m)}$ existe et est continue en m. q., $X_\alpha^{(m-1)}$ existe et est continue, presque certainement; si $C(\alpha, \beta)$ est indéfiniment dérivable, les dérivées de X_α existent presque certainement etc.

Remarque. — Les propositions données dans les deux Notes s'appliquent à des ensembles linéaires de l'espace de Hilbert et peuvent s'énoncer sans utiliser la terminologie de la théorie des probabilités.

THÉORIE DES GROUPES. — *Groupes d'automorphismes d'un groupe localement compact.* Note de M. JEAN BRACONNIER, présentée par M. Élie Cartan.

Soient G un groupe *localement compact* ⁽¹⁾ et $\mathcal{G}(G)$ le groupe des *automorphismes* du groupe topologique G . Lorsque U décrit un système fondamental de voisinages de l'élément neutre e et C l'ensemble des parties compactes de G , l'ensemble $V(C, U)$ des automorphismes $u \in \mathcal{G}(G)$ tels que $u(x)x^{-1} \in U$ et $u^{-1}(x)x^{-1} \in U$, pour tout $x \in C$, décrit un système fondamental de voisinages de l'automorphisme identique dans une topologie *compatible* avec la structure du groupe $\mathcal{G}(G)$ ⁽²⁾. On dira que le groupe $\mathcal{G}(G)$ muni de cette topologie est le *groupe d'automorphismes* de G ⁽³⁾. Par exemple, le groupe d'automorphismes du groupe additif de \mathbf{R}^n n'est autre que le groupe linéaire réel de rang n muni de la topologie habituelle. Si $x \in G$, $u \rightarrow u(x)$ est une application continue de $\mathcal{G}(G)$ dans G . En particulier, si H est un sous-groupe fermé de G , l'ensemble des $u \in \mathcal{G}(G)$ tels que $u(H) = H$ est un sous-groupe fermé $\mathcal{N}(H)$ de $\mathcal{G}(G)$ ⁽⁴⁾. Si H est un sous-groupe ouvert

⁽¹⁾ Dans cette Note nous utilisons les notations et axiomes de N. BOURBAKI, *Act. Sci. et Indust.*, 846, 858, 916 et 934. Paris, 1939-1942.

⁽²⁾ Une topologie analogue a été définie par G. BIRKHOFF (*Annals of Mathematics*, 35, 1934, pp. 861-875), sur le groupe d'automorphismes d'un espace localement compact satisfaisant au II^e axiome de dénombrabilité. Si $W(C, U)$ est l'ensemble des $u \in \mathcal{G}(G)$ tels que $u(x)x^{-1} \in U$ si $x \in C$, quand U décrit le filtre des voisinages de e et C l'ensemble des parties compactes de G , $W(C, U)$ décrit une base de filtre \mathfrak{B} sur $\mathcal{G}(G)$. $u.\mathfrak{B}$ est un système fondamental de voisinages de u dans une topologie sur le groupe $\mathcal{G}(G)$. Mais, en général, cette topologie n'est pas compatible avec la structure de groupe de $\mathcal{G}(G)$.

⁽³⁾ Dans le Chapitre IV de notre *Thèse*, nous étudions plus complètement la structure de $\mathcal{G}(G)$.

⁽⁴⁾ On peut dire que $\mathcal{N}(H)$ est le normalisateur de H dans $\mathcal{G}(G)$. On peut définir de même le centralisateur de H dans $\mathcal{G}(G)$ et le noyau de $\mathcal{G}(G)$.

compact de G , $\mathcal{H}(H) = V(H, H)$ est un sous-groupe ouvert de $\mathcal{G}(G)$. Si les deux structures uniformes de G sont *identiques*, et si u_s désigne l'automorphisme intérieur $x \rightarrow sxs^{-1}$, $s \rightarrow u_s$ est une représentation continue de G dans $\mathcal{G}(G)$. Si G est abélien et si \hat{G} est son dual, les groupes topologiques $\mathcal{G}(G)$ et $\mathcal{G}(\hat{G})$ sont isomorphes. Si, de plus, G et \hat{G} sont totalement discontinus, G est *somme directe locale* de ses composantes primaires G_p relativement à des sous-groupes ouverts compacts H_p de G_p ⁽⁵⁾ et $\mathcal{G}(G)$ est *produit direct local* des groupes $\mathcal{G}(G_p)$ relativement aux sous-groupes ouverts $\mathcal{H}(H_p)$.

Si $\int f(x) dx$ désigne l'intégrale de Haar ⁽⁶⁾ sur le groupe localement compact G et si $u \in \mathcal{G}(G)$, $\int f[u^{-1}(x)] dx$ est une intégrale de Radon sur G , invariante par les translations à gauche et, par suite, ne diffère de l'intégrale de Haar que par un facteur multiplicatif réel $\Delta(u) > 0$:

$$\int f[u^{-1}(x)] dx = \Delta(u) \int f(x) dx.$$

On dit que $\Delta(u)$ est le *module* de l'automorphisme u . Par exemple, si u est un automorphisme de \mathbf{R}^n , u est représenté par une matrice carrée de rang n à coefficients réels dont le déterminant est $\delta(u) \neq 0$, et l'on a $|\delta(u)| = \Delta(u)$. $u \rightarrow \Delta(u)$ est une représentation continue de $\mathcal{G}(G)$ dans le groupe multiplicatif des nombres réels > 0 , et si G a un sous-groupe ouvert compact, $u \rightarrow \Delta(u)$ est un homomorphisme de $\mathcal{G}(G)$ dans le groupe multiplicatif discret des nombres rationnels > 0 . Si G est compact ou bien discret, $\Delta(u) = 1$ pour tout $u \in \mathcal{G}(G)$.

Si G est abélien, si \hat{G} est son dual, et si \hat{u} est le *transposé* de l'automorphisme u , \hat{u} est un automorphisme de \hat{G} , et son module est égal au module de u .

Soit maintenant K un *corps topologique* localement compact. Si K' est un sous-corps fermé de K , l'ensemble des automorphismes u du corps K tels que $u(x) = x$ pour tout $x \in K'$, est un sous-groupe fermé $\mathcal{G}(K, K')$ de $\mathcal{G}(K)$ qu'on appelle le *groupe de Galois* de K par rapport à K' ⁽⁷⁾. Cette définition des groupes de Galois paraît susceptible d'applications intéressantes. Signalons la propriété suivante : soient K un corps commutatif discret et K' un sous-corps de K tel que les propriétés « $u \in \mathcal{G}(K, K')$ » et « quel que soit $x \in K'$, $u(x) = x$ », soient équivalentes ; alors pour que le groupe $\mathcal{G}(K, K')$ soit compact, il faut et il suffit que K soit une extension algébrique normale séparable de K' . Enfin, si $a \in K^*$, l'homothétie $x \rightarrow ax$ est un automorphisme du groupe additif de K et l'ensemble des homothéties est un sous-groupe

⁽⁵⁾ Voir J. BRACONNIER et J. DIEUDONNÉ, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 577.

⁽⁶⁾ Voir A. WEIL, *Act. Sci. et Indust.*, 869, Paris, 1940, Chap. II.

⁽⁷⁾ Cette définition des groupes de Galois coïncide avec celle déjà donnée dans tous les cas étudiés. Cf. W. KRULL, *Mathematische Annalen*, 100, 1928, pp. 687-698.

de $\mathcal{G}(K)$ isomorphe à K^* . Si $\int f(x)dx$ désigne l'intégrale de Haar sur le groupe additif de K et si $\delta(a)$ désigne le module de l'homothétie $x \rightarrow ax$, on a $\int f(x)dx = \delta(a) \int f(a^{-1}x)dx$ ⁽⁸⁾. Si K est *connexe*, il est isomorphe au corps des réels (respectivement des complexes, des quaternions) ⁽⁹⁾ et l'on a $\delta(a) = |a|$ (resp. $|a|^2$, $|a|^4$). Si K est *totale-ment discontinu* et non discret, il existe un entier premier p tel que le groupe additif de K soit primaire (ass. à p) et l'on a $\delta(a) = p^{-v(a)}$ et $v(a)$ est une *valuation* du corps K . La topologie du corps K est la topologie définie à l'aide de cette valuation. En particulier, l'ensemble des $x \in K$ tels que $x = 0$ ou $v(x) \geq 0$ est un *anneau d'intégrité ouvert compact* A dans K , formé par les $x \in K$ tels que l'ensemble des x^k ($k \geq 0$) soit relativement compact et l'ensemble des $x \in K$ tels que $x = 0$ ou $v(x) > 0$ est un *idéal premier ouvert* de A , formé par les $x \in K$ tels que $\lim_{k \rightarrow \infty} x^k = 0$. A l'aide de l'intégrale de Haar sur le groupe additif de K , on retrouve ainsi de façon élégante les propriétés connues de la structure du corps K ⁽¹⁰⁾.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Comparaison des efforts tangentiels en fonction des flux de chaleur en divers régimes d'écoulement*. Note de M. ALEXANDRE BRAUN, présentée par M. Henri Villat.

I. L'observation montre que l'échauffement, ou le refroidissement de certains éléments de volume d'un milieu continu en mouvement d'ensemble n'est pas indépendant du mode d'écoulement. Comme un mode d'écoulement peut être caractérisé par la loi de l'effort tangentiel, il paraît possible d'établir une corrélation entre la loi de cet effort et la loi de l'échauffement. Cette corrélation s'écrit notamment $\alpha = \varphi(\tau)$ ou $\tau = \psi(\alpha)$, α étant le flux de chaleur unitaire, appelé aussi le *coefficient de convection*, τ l'effort de frottement par unité de surface.

II. Parmi les divers types, les plus fréquents sont les écoulements turbulents et à potentiel des vitesses. Les seconds peuvent être, par exemple, des mouvements plans indéfinis, les vitesses dépendant d'un potentiel, le rotationnel et le laplacien étant nuls en tous les points.

Les équations de Navier sont intégrables dans le cas d'un écoulement plan indéfini permanent (Blasius); dans un fluide incompressible, les forces extérieures étant nulles, elles se réduisent, en un point, en négligeant la dérivée seconde u''_{xx} , à $uu'_x = (\mu/\rho)u''_{yy}$ pour l'unité de volume, u étant la vitesse d'ensemble, μ/ρ la viscosité cinématique au point (x, y) considéré.

Quant à l'équation des flux de chaleur, elle est, pour l'unité de volume,

(8) Si u est un automorphisme du corps K , on a $\delta[u(a)] = \delta(a)$.

(9) Voir L. PONTRJAGIN, *Princeton Mathematical Series*, 2, 1939, Chap. V, § 37.

(10) Voir N. JACOBSON, *American Journal of Mathematics*, 58, 1936, p. 433.

$uT'_x = (\delta/c_p\rho)T''_{y^2}$, où T est la température, δ le coefficient de conduction, c_p la chaleur spécifique à pression constante, ρ la densité au point x, y considéré.

Supposons les équations du mouvement et du flux de chaleur résolues; l'une donne $u = \varphi_1(a, x, y)$, l'autre $T = \varphi_2(b, x, y)$. Par définition $\tau_x = \mu(u'_x)_{x,y=0}$ et $\alpha_x = \delta(T'_y)_{x,y=0}$, expressions qui permettent de connaître $\alpha = \varphi(\tau)$ et $\tau = \psi(\alpha)$.

Rappelons donc

$$\tau_x = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\mu \rho u_\infty^3}{x}} = \Omega \sqrt{\frac{u_\infty^3}{x}} \quad (\text{Blasius}),$$

$$\alpha_x = \frac{\mathcal{S}^{\frac{1}{3}}}{3} \sqrt{\frac{\delta c_p \rho u_\infty}{x}} = \sigma \sqrt{\frac{u_\infty}{x}} \quad (\text{Pohlhausen}),$$

u_∞ étant la vitesse du fluide en un point du milieu non perturbé, \mathcal{S} le nombre de Stanton, Ω et σ deux facteurs supposés constants. On peut donc écrire, dans le cas du type d'écoulement plan avec potentiel des vitesses,

$$(1) \quad \boxed{\tau_x = \frac{\Omega}{\sigma} \alpha_x u_\infty.}$$

III. En régime turbulent la solution du système d'équations de Navier n'est pas connue; à défaut de solutions classiques, on établit des relations résultant de l'analyse dimensionnelle et de l'expérience. Ainsi on a, pour un écoulement turbulent établi à deux dimensions (tube),

$$\tau = \frac{0,079}{\mathcal{R}_{u_0 d}^{0,25}} \frac{\rho u_0}{2} = \Gamma \sqrt[4]{u_0^3},$$

$$\alpha = \frac{0,0395}{\mathcal{R}_{u_0 d}^{0,25}} f(\mathcal{S}) c_p \rho u_0 = \xi \sqrt[4]{u_0^3},$$

$\mathcal{R}_{u_0 d}$ étant le nombre de Reynolds rapporté à la vitesse moyenne u_0 et au diamètre du tube d , $f(\mathcal{S})$ une fonction du nombre de Stanton, Γ et ξ deux facteurs constants. Donc

$$(2) \quad \boxed{\tau = \frac{\Gamma}{\xi} \alpha u_0.}$$

IV. Nous allons rappeler que la force de frottement rapportée à l'unité de surface peut être, pour un flux de chaleur unitaire identique, considérablement plus petite en régime d'écoulement à potentiel des vitesses qu'en mouvement turbulent établi. Convenons, à cet effet, qu'on puisse donner à u_∞ (donc à α_x), ainsi qu'à u_0 (donc à α) toutes les valeurs à l'exception de celles qui correspondent à la convection naturelle, régie par d'autres lois. Divisons donc toutes les valeurs possibles en deux groupes. Au premier appartiendront les valeurs de u_0 comprises entre A et B, A étant une valeur limite inférieure à laquelle correspond un α de la convection naturelle, B une grande vitesse; au second celles comprises entre B et ∞ , donc les très grandes vitesses.

Pour que α soit très grand, il faut que la vitesse u_0 le soit, qu'elle soit du second groupe. Pour que α_x soit très grand, égal à α , que nous fixons en nous donnant une vitesse u_0 du second groupe, deux cas peuvent se présenter quant à la valeur de u_∞ . La condition $\alpha = \alpha_x$ permet d'écrire

$$\left(\frac{\sigma}{\sqrt{x}}\right)\sqrt{u_\infty}:\sqrt{u_0}=J(\eta x)\sqrt{u_\infty}=\xi\sqrt{u_0},$$

faisant ainsi apparaître le paramètre $J(\eta x)$ variable avec x .

Dans ces conditions, si le paramètre J est inférieur ou égal au facteur ξ , u_∞ doit être également du second groupe; si J est plus grand que ξ , aussi grand que l'on veut, pourvu que x soit très petit, il est possible de trouver pour u_∞ une valeur très petite, donc du premier groupe.

En comparant les expressions (1) et (2), et en notant que Ω/σ et Γ/ξ sont du même ordre de grandeur, on reconnaît immédiatement qu'on peut réaliser, pour un α_x très grand, un τ_x assez petit en se donnant une u_∞ petite et un x très petit, alors que, en régime turbulent établi, τ est très grand pour un α égal au coefficient α_x de l'écoulement à potentiel des vitesses.

AÉRODYNAMIQUE. — *Aile d'avion, munie d'un volet hypersustentateur à paroi mobile.* Note de M. **ALEXANDE FAVRE**, présentée par M. Joseph Pérès.

Principe. — Nous avons précédemment montré ⁽¹⁾ que l'on peut supprimer, pratiquement, l'influence de la viscosité, dans l'écoulement d'un fluide réel, en rendant les parois mobiles, à des vitesses voisines de celles du fluide ambiant. Les vitesses relatives étant annulées, les frottements aux parois et les décollements disparaissent. L'application faite en utilisant, pour une maquette d'aile, une courroie sans fin dont le brin extérieur constitue l'intrados, et se déplace dans le sens du courant, nous a permis d'obtenir des résultats équivalents à ceux que donnerait l'aile placée en fluide parfait ⁽¹⁾.

Nous étudions ce procédé pour le G.R.A., en commençant par les applications aux avions, les plus simples du point de vue de la construction et de l'utilisation.

1° La première simplification consiste à appliquer le principe au volet hypersustentateur, dont il permet l'emploi jusqu'aux très grands braquages. Une fente F (voir la figure) est ménagée entre l'aile A et le bord d'attaque du volet V pour renouveler la couche-limite en amont de la paroi mobile. La structure de l'avion reste donc inchangée, et l'utilisation des grandes incidences de l'aile est remplacée avec avantage par celle des très grands braquages du volet.

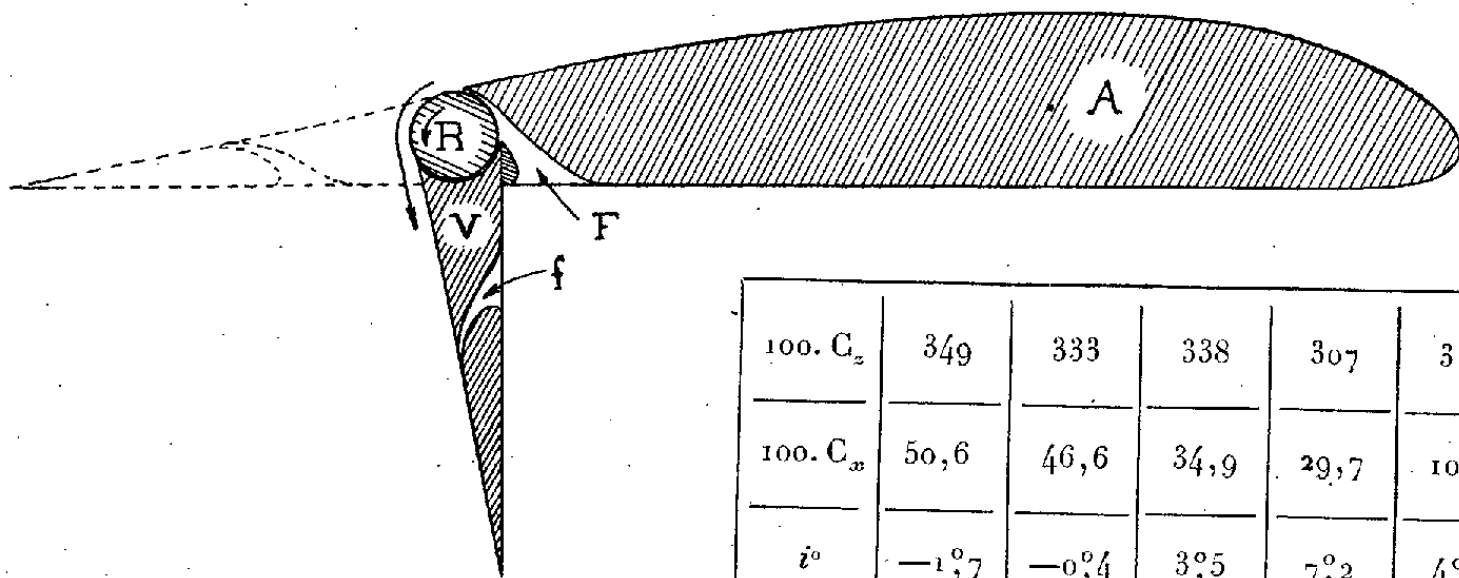
2° La seconde simplification consiste à réduire la longueur de la paroi mobile, en concentrant dans la partie avant du volet les principaux risques de décollement. Ceci est possible, grâce à la grande efficacité du dispositif, et au

⁽¹⁾ *Pub. Sc. et Techn. du Ministère de l'Air*, 137, 1938.

fait que le bord d'attaque du volet est logé dans l'aile; il n'y a pas d'inconvénient à choisir pour celui-ci un profil rectiligne ou légèrement concave sur l'extrados, et circulaire en amont. On peut même réduire la paroi mobile au profil circulaire, et utiliser un rotor R placé au bord d'attaque du volet. Une fente f peut être placée en aval du rotor.

Résultats expérimentaux. — 1° Des essais qualitatifs préliminaires, effectués avec une aile de 37^{cm} de corde, d'allongement 1 (voir la figure), dans une petite soufflerie de 65^{cm}, nous ont permis de vérifier l'efficacité de principe, avec un volet à paroi mobile complète, puis avec un volet à paroi mobile réduite à un rotor; le décollement a pu être supprimé jusqu'à des braquages dépassant 90°.

2° Nous avons réalisé une maquette d'aile A de 100^{cm} d'envergure et de 50^{cm} de corde (profil N.A.C.A. 23 012) en vue d'essais entre panneaux dans la soufflerie de 240^{cm} de Banlève. Le volet V, d'une profondeur de 30 %, est muni d'une paroi mobile réduite à un cylindre tournant R de 3^{cm}, 2 de diamètre.



100. C_x	349	333	338	307	316	28
100. C_z	50,6	46,6	34,9	29,7	10,3	1,5
i°	-1,7	-0,4	3,5	7,2	4,0	1,8
β°	90°	90°	90°	80°	50°	0°
u/v	13	9,5	10	6,5	8,0	0

En raison des petites dimensions de l'aile, il a été nécessaire, pour obtenir un paramètre de Reynolds acceptable, de faire tourner les cylindres à la plus haute vitesse possible, condition qui impose l'emploi de trois paliers intermédiaires, au droit desquels la paroi mobile est interrompue sur 5^{mm} de largeur; la vitesse de rotation atteinte est de 20000 t:min.

Dès la première série d'essais nous avons constaté la suppression du décollement, en aval des cylindres, jusqu'au braquage de 90°. Cependant le décollement persistait en aval des interruptions des cylindres, au droit des paliers. A titre d'exemple on peut citer les résultats suivants :

100 C_x	100 C_z	Incidence i°	Braquage β°	u/v
260	43	7°,6	80°	7, 2
234	34	8°,1	80°	2,35

3° Une seconde série d'expériences a été effectuée, après modifications de la maquette. La largeur de l'interruption des cylindres, au droit des supports intermédiaires, a été réduite à $1^{\text{mm}},5$; la vitesse de rotation a été portée à 40000 t:min. (entraînement par turbines); une fente auxiliaire f a été ménagée dans le volet. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

a. le *décollement*, sur l'aile et sur le volet, est totalement *supprimé*, aux incidences usuelles de l'aile, pour tous les braquages du volet, *jusqu'à* 90° ;

b. les coefficients de sustentation atteignent des valeurs très élevées, et ceci même à l'*incidence nulle* de l'aile (voir tableau);

c. la suppression du décollement en aval des cylindres est obtenue pour des valeurs faibles du rapport de vitesse u/v (de l'ordre de 1,5 à 3, suivant le braquage). Mais, pour le supprimer en aval des paliers, il faut augmenter les vitesses, dans une proportion (de l'ordre de 3 à 4) qui varie en fonction de très petits détails de réalisation, et probablement du nombre de Reynolds. Des essais à grande échelle permettront, vraisemblablement, de réduire ces survitesses;

d. l'influence des variations de largeur de la fente amont F paraît faible; mais sa suppression totale est désavantageuse. L'efficacité de la fente auxiliaire f est peu importante, mais favorable;

e. la polaire de l'aile, au braquage nul, donne les résultats habituels.

Conclusion. — Le dispositif de l'aile munie d'un volet à paroi mobile réduite à un rotor, ou à paroi mobile complète, est pleinement efficace; il permet d'utiliser le volet hypersustentateur jusqu'au braquage 90° , sans décollement; l'écoulement est alors semblable à celui d'un fluide parfait. Le coefficient de sustentation atteint, dans les conditions de nos expériences, $100C_z = 350$, à l'incidence nulle de l'aile. Les simplifications apportées à ce procédé hypersustentateur et les résultats obtenus permettent d'envisager la possibilité d'applications à l'Aéronautique.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les variations saisonnières observées à la surface de la planète Mars en 1939 et leurs lois de propagation.* Note de M. GÉRARD DE VAUCOULEURS, présentée par M. Charles Fabry.

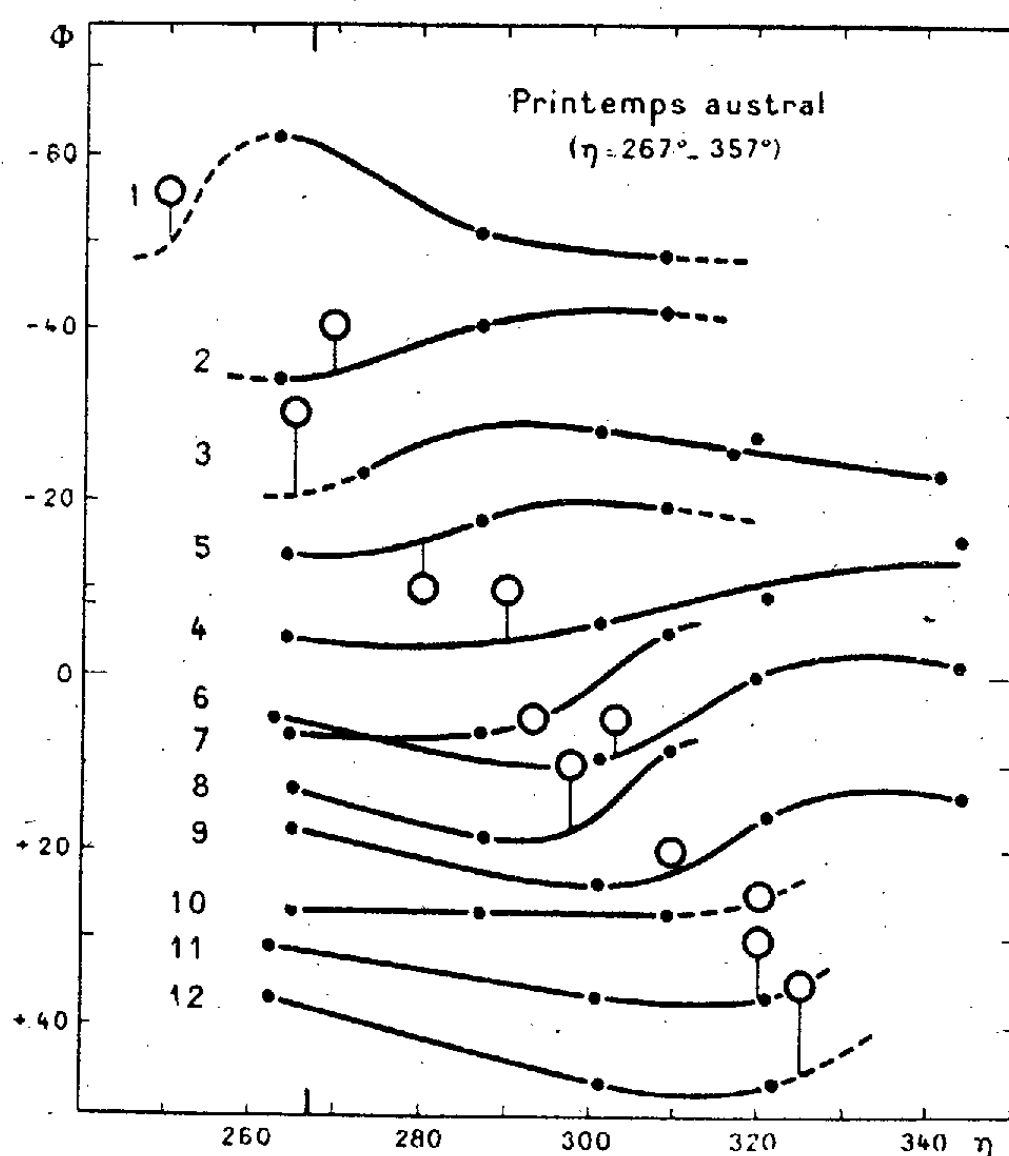
I. L'étude de 600 cotes de brillance obtenues en 1939 ⁽¹⁾ pendant le printemps austral martien ($\eta = 262^\circ$ à 344°) permet de préciser certaines propriétés des variations saisonnières de la surface de la planète.

II. Le tableau suivant donne, en fonction de la longitude héliocentrique η , les cotes propres T (e.p. $\pm 0,1$) des plages et canaux suffisamment bien observés et leurs coordonnées aréographiques moyennes Ω et Φ .

⁽¹⁾ *Ann. Obs. Houga*, I, 1, 1942, pp. 18-29; voir aussi *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 602.

Plage.	Longitude	262°.	268°.	286°.	300°.	308°.	315°.	319°.	340°.	Ω	Φ	η_0 .
	hélioc.	265°.	273°.	287°.	302°.	310°.	319°.	322°.	344°.	(°).	(°).	
Depressio Hellespontica.....	7,2	—	6,1	—	5,85	—	—	—	320	—55	(250)	
Hellespontus.....	4,9	—	5,5	—	5,7	—	—	—	320	—40	270	
Mare Sirenum.....	—	6,8	—	7,3	—	7,05	7,25	6,8	160	—30	265	
Auroræ Sinus.....	5,4	—	—	5,6	—	—	5,9	6,6	55	—10	290	
Sabacus Sinus.....	6,9	—	7,25	—	7,45	—	—	—	335	—10	280	
Ganges.....	3,0	—	—	2,55	—	—	3,5	3,6	65	+ 5	303	
Euphrates (Sud).....	2,3	—	2,3	—	3,5	—	—	—	335	+ 5	293	
Syrtis Major.....	7,2	—	6,65	—	7,65	—	—	—	290	+10	298	
Lunæ Lacus.....	3,75	—	—	3,1	—	—	3,9	4,1	65	+20	310	
Euphrates (Nord).....	2,3	—	2,3	—	2,3	—	—	—	335	+25	(320)	
Nilokeras.....	3,9	—	—	3,4	—	—	3,4	—	50	+30	(320)	
Niliacus Lacus.....	4,85	—	—	3,85	—	—	3,8?	—	35	+35	(325)	

La figure, où les courbes $T = f(\eta)$ sont reportées à la latitude Φ correspondante, montre clairement que l'époque à laquelle les plages commencent à



s'assombrir nettement (long. hélioc. η_0) est d'autant plus tardive que la région considérée est plus éloignée de la zone polaire australe.

III. Le front de la vague saisonnière d'assombrissement qui apparaît de la sorte, affectant également grandes plages sombres et canaux, se propage régulièrement du Sud au Nord : partant de la latitude -60° (frange polaire Sud) à la fin de l'hiver ($\eta_0 = 250^\circ$), pour gagner l'équateur avant le milieu du printemps ($\eta_0 = 290-300^\circ$) et parvenir vers la latitude $+40^\circ$ avant la fin du

printemps austral ($\eta_0 = 330^\circ$), elle parcourt ainsi 100° en latitude (6000^{km}) en 130 jours environ, soit 45^{km} par jour (2 km/h). L'assombrissement des plages est donc strictement lié à l'arrivée d'un agent issu de la calotte polaire Sud, alors en pleine régression.

IV. Il semble même qu'on puisse déjà établir que cet agent se propage non pas au sol, mais par voie atmosphérique, car la topographie sous-jacente ne l'influence pas sensiblement. En effet la dispersion des points représentatifs (Φ, η_0) du front de la vague est plus grande lorsque la distance à la source est mesurée en suivant les grandes artères sombres de la surface (e.m. $= \pm 9^\circ$) que lorsqu'elle est simplement comptée le long des méridiens (e.m. $= \pm 5^\circ$). De plus, comme la vitesse de propagation paraît rester constante lorsque le front de la vague passe d'un hémisphère dans l'autre, celle-ci se fait sans doute plutôt par diffusion que par l'intermédiaire des grands courants atmosphériques, car ceux-ci doivent être sensiblement symétriques par rapport à l'équateur.

V. En dehors de cette vague générale, une coulée sombre beaucoup plus visible, partant à peu près simultanément de la calotte polaire Sud, mais d'expansion ultérieure beaucoup plus lente, a été observée dans la région d'Hellespontus; elle s'étendait jusqu'à $\Phi = -48^\circ$ par $\eta = 265^\circ$, $\Phi = -36^\circ$ par $\eta = 287^\circ$ et atteignait $\Phi = -22^\circ$ par $\eta = 309^\circ$ en s'amincissant progressivement; couvrant 26° (1500^{km}) en 75 jours, elle se propageait régulièrement à une vitesse de 20^{km} par jour (1 km/h), moins de la moitié de celle de la vague générale, ce qui ici suggérerait plutôt une propagation superficielle.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur le mécanisme d'amorçage des étincelles.*

Note de M. STANISLAS TESZNER, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une précédente Note, nous avons donné une première esquisse d'un mécanisme d'amorçage, *accéléré par le champ propre de l'avalanche* électronique concentré en tête de celle-ci. Dans le présent exposé, nous nous proposons d'en fournir une analyse plus détaillée.

Il est plausible d'admettre que les électrons soient répartis en tête de l'avalanche, dans un nuage dont l'épaisseur comprendrait un nombre de parcours libres de l'ordre de celui qui serait nécessaire pour que chaque électron en forme un nouveau par choc sur une molécule neutre. Donc $e^{\alpha\delta} = 2$, d'où δ (épaisseur du nuage électronique) $= 1/\alpha 0,69$, où α est le facteur de Townsend, de multiplication des électrons. La charge résultante négative d'un tel nuage sera

$$- \varepsilon e^{\alpha(x-\delta)} = - \varepsilon \frac{e^{\alpha x}}{2},$$

où x est la distance parcourue à partir de la cathode et ε , la charge élémentaire, soit $4,8 \cdot 10^{-10} \text{ U.C.G.S.}$

Ce nuage est sollicité, d'une part par les forces de propulsion dues au champ originel E_0 entre électrodes, d'autre part par les forces d'expansion dues aux charges internes (champ E_e); enfin par les forces de rétention dues aux charges des ions dispersés dans la queue de l'avalanche (champ E_i). On aura, comme champs résultants, respectivement sur les faces avant et arrière du nuage électronique

$$E_{rav} = E_0 + E_{eav} - E_{iav}; \quad E_{iar} = E_0 - E_{ear} - E_{iar}.$$

Admettons, en première approximation, que les charges soient réparties dans l'avalanche des couches planes et parallèles; leur répartition serait linéaire dans le nuage électronique; d'autre part on sait que, dans chaque intervalle $d\xi$, il est formé $\alpha e^{x\xi} d\xi$ des ions positifs, dans la queue de l'avalanche. Il s'ensuit

$$(1) \quad E_e = E_{eav} = E_{ear} = \frac{2\pi\varepsilon}{\pi r_k^2} \int_0^{\delta_k} e^{x_k(x-\delta_k)} \frac{1}{\delta_k} \left(1 - \frac{\delta_k - \xi}{\sqrt{r_k^2 + (\delta_k - \xi)^2}} \right) d\xi,$$

$$(2) \quad E_{iav} = 2\pi\varepsilon\alpha \int_0^{x_k-\delta_k} \frac{e^{x\xi}}{r^2} \left(1 - \frac{x_k - \xi}{\sqrt{r^2 + (x_k - \xi)^2}} \right) d\xi,$$

$$(3) \quad E_{iar} = 2\pi\varepsilon\alpha \int_0^{x_k-\delta_k} \frac{e^{x\xi}}{r^2} \left(1 - \frac{x_k - \delta_k - \xi}{\sqrt{r^2 + (x_k - \delta_k - \xi)^2}} \right) d\xi,$$

où r est le rayon équivalent du nuage, l'indice k qui l'affecte, ainsi que x , δ et α , indiquant que le phénomène est considéré à un point k du parcours entre les électrodes. On prendra pour r la valeur maximum relevée expérimentalement (donnant E_e minimum), soit $r = (\xi/20)$; $r_k = (x_k/20)$.

L'intégrale (1) est soluble analytiquement et l'on obtient

$$E_e = \frac{40\varepsilon}{x_k \delta_k} e^{x_k(x_k-\delta_k)} \frac{20\delta_k + \sqrt{400\delta_k^2 + x_k^2} - x_k}{20\delta_k + \sqrt{400\delta_k^2 + x_k^2}}.$$

Les intégrales (2) et (3) ne semblent pouvoir être résolues que par la voie graphique; le calcul sera fait par tranches successives de la queue de l'avalanche, de manière à ce que α puisse être considéré comme fixe dans chaque tranche.

Ceci étant, on trouve, en prenant l'exemple numérique déjà envisagé dans notre précédente Note, à savoir, pour un écartement entre électrodes = $0^{\text{cm}}, 1$, $E_0 = 225$ U. C. G. S.; α (originel) = 400 (à la pression atmosphérique).

Après un parcours $x_{k_1} = 0^{\text{cm}}, 03$; $E_e \cong 18,5$ U. C. G. S.; $E_{iav} \cong 4$ U. C. G. S.; $E_{iar} \cong 14$ U. C. G. S., d'où $E_{rav} \cong 240$ U. C. G. S.; $E_{rar} \cong 193$ U. C. G. S. et, respectivement, les vitesses des faces avant et arrière du nuage électronique $V_{av} \cong 6,7 \cdot 10^7$ cm/s; $V_{ar} \cong 6 \cdot 10^7$ cm/s.

Après un parcours $x_{k_2} = x_{k_1} + 0^{\text{cm}}, 005 = 0^{\text{cm}}, 035$ (α étant passé à ~ 480 , mais, d'autre part, le nuage s'étant distendu de $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ cm); $E_e \cong 135$ U. C. G. S.; $E_{iav} \cong 30$ U. C. G. S.; $E_{iar} \cong 110$ U. C. G. S., d'où $E_{rav} \cong 330$ U. C. G. S.;

$E_{rar} \cong -20$ U.C.G.S. et $V_{av} \cong 7,8 \cdot 10^7$ cm/s; $V_{ar} \cong 1,9 \cdot 10^7$ cm/s (en sens opposé).

Le nuage se dilatera, ainsi, à une vitesse de $9,7 \cdot 10^7$ cm/s. Les électrons de la partie arrière en sont rejetés; la force de répulsion du nuage diminuant, l'effet du champ originel redeviendra prépondérant et ces électrons décriront, en définitive, des *trajectoires tourbillonnaires* constatées par l'expérience. Cependant le facteur α passe à 1000 environ, en tête du nuage, ce qui activera le développement de celui-ci à tel point que, malgré les fuites des électrons, l'extension et la propulsion de l'avalanche seront grandement accélérées, et ce de plus en plus, par le jeu cumulatif des phénomènes esquissés ci-dessus.

Les champs et les vitesses calculés concernent les électrons se trouvant sur l'axe de l'avalanche; ces champs et vitesses diminuent à mesure que l'on s'écarte de l'axe; le nuage prendra ainsi une *forme ovoïde* (confirmée par l'expérience, du moins quant à la face avant, la seule observable), ce qui produira, évidemment, aussi un certain ralentissement de la croissance des champs et des vitesses en résultant. D'autre part, comme déjà signalé dans notre précédente Note, une baisse rapide de l'accélération imprimée à l'avalanche devra se produire à partir des champs résultants de l'ordre de 1500 à 2000 kV/cm, soit 5 à 6000 U.C.G.S.; le facteur α commençant alors à décroître et une stabilisation étant à prévoir pour E_{rav} de l'ordre de 5000 kV/cm (V_{av} correspondant, de l'ordre de 4 à $5 \cdot 10^8$ cm/s.)

Toutefois cette limite paraît devoir être atteinte rapidement, à savoir, après un parcours de l'ordre de $0^{\text{cm}},05$ dans l'exemple considéré. Dès lors la durée totale de passage des électrons d'une électrode à l'autre serait ici de 7 à $8 \cdot 10^{-10}$ s. On trouverait aisément que, pour un intervalle de 1^{cm} , survolté également de 50 %, cette durée ne serait encore que de 3 à $4 \cdot 10^{-9}$ s.

Cette *rapidité de passage* des électrons, jointe au *développement* de la première avalanche, est susceptible d'expliquer toutes les constatations expérimentales touchant les amorçages ultra-rapides des étincelles.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du cérium sans fer*. Note ⁽¹⁾ de M^{lle} CHARLOTTE HENRY LA BLANCHETAI, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué ⁽²⁾ les conditions de préparation d'un cérium à 0,4 % de silicium et à teneur en fer extrêmement faible (0,0005 %).

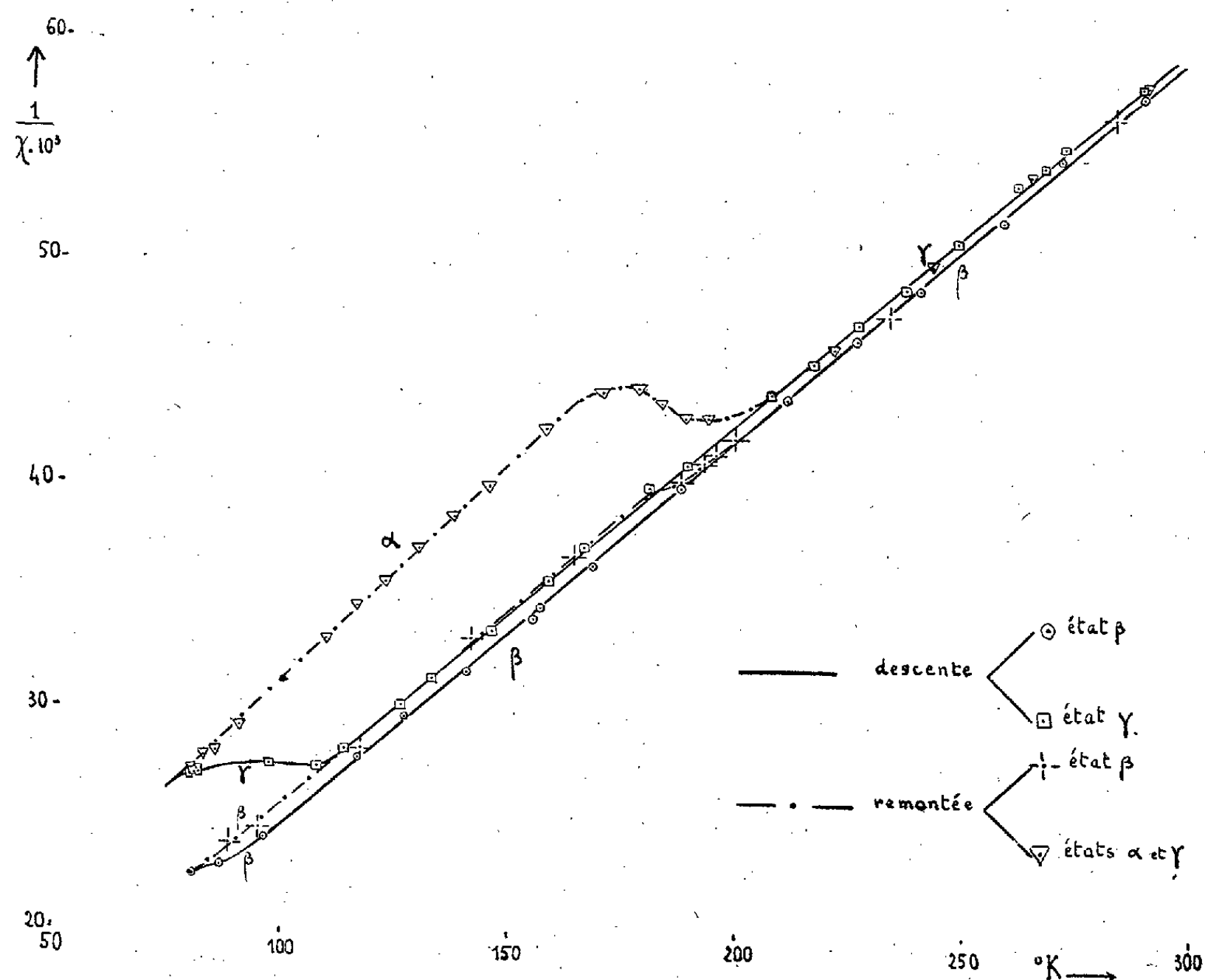
Son étude thermomagnétique, de 80° à 300°K., a été faite dans différents champs moyens (2200, 3250, 4350, 6350, 7800, 8750 Oe), avec une précision d'environ 0,5 %, à l'aide de la balance à translation de Foëx et Forrer ⁽³⁾

⁽¹⁾ Séance du 5 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 313.

⁽³⁾ *Journ. de Phys.*, 6^e série, 7, 1926, p. 180.

(voir la figure). Des mesures, de 200 à 16000 Oe, effectuées avec l'appareil à extraction de Weiss et Forrer (⁴), permettent les mêmes conclusions.



1° Entre 200 et 16000 Oe, le cérium sans fer est purement paramagnétique, aussi bien dans l'azote liquide qu'à la température ordinaire. J'ai obtenu les valeurs suivantes :

	Ce γ .		Ce β .	
T (°K.)	286,8	80,7	287,4	80,7
$\chi \cdot 10^6$	17,2	36,7	17,3	44,6

Les effets de saturation et l'allure des courbes obtenus dans les essais précédents sont dus probablement à un ferro-cérium, dont le point de Curie est situé entre la température ordinaire et le point d'ébullition de l'azote.

2° La présence ou l'absence des cycles magnétiques n'est pas affectée par l'absence du fer; comme l'avait montré F. Trombe (⁵), seul l'état allotropique initial (γ ou β) du cérium intervient.

(⁴) *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 279.

(⁵) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 90.

3° En l'absence de fer, la représentation en $1/\chi$ et T devient *parfaitement linéaire*. Les droites correspondant aux états β et γ sont sensiblement parallèles.

État.	Point de Curie.	Constante de Curie.	Moment en μ_W .	Moment en μ_B .
α	-56°K.	$50,12 \cdot 10^{-4}$	11,7	2,37
β (descente)	-42	57,25	12,6	2,55
β (remontée)	-47	57,14	12,5	2,53
γ	-51	58,08	12,6	2,55

La droite correspondant à l'état α a une pente légèrement plus forte. Dans le passage de l'état γ à l'état α , la contraction en volume de 10 % ⁽⁶⁾ est accompagnée d'une diminution du même ordre de la valeur du moment.

Les moments des états β et γ sont très voisins l'un de l'autre; leur moyenne ($2,54 \mu_B$) est en excellent accord avec la valeur théorique donnée par Van Vleck et Franck ⁽⁷⁾ pour l'ion Ce^{+++} ($2,56 \mu_B$).

Le cérium est, jusqu'à présent, le seul élément rare dont les propriétés magnétiques soient fortement modifiées par la présence de traces de fer (0,01 %). Une teneur plus importante de cet élément (0,05 %) n'agit sensiblement pas sur le paramagnétisme du néodyme et du lanthane ⁽⁸⁾.

PHOTOMÉTRIE. — Possibilité de comparer des flux lumineux non modulés au moyen d'une cellule photoélectrique à multiplicateur d'électrons suivi d'un amplificateur de tensions alternatives. Note de M. LOUIS LE BLAN, présentée par M. Albert Pérard.

Un photomètre photoélectrique de haute précision doit réaliser la comparaison du flux lumineux étudié à un flux étalon. L'emploi des cellules photoélectriques pour la comparaison de flux très faibles exige, pour l'obtention de la meilleure sensibilité, une résistance de charge d'au moins quelques dizaines de mégohms, ce qui exclut la possibilité d'opérer en lumière modulée à une fréquence supérieure à 1000 p/s environ. En effet, si la fréquence de modulation est élevée, la capacité grille-cathode de la lampe d'entrée de l'amplificateur constitue un shunt nuisible. Si la fréquence est assez basse pour que le phénomène ci-dessus soit négligeable (fréquence inférieure à 1000 p/s), on éprouve des difficultés à réaliser un amplificateur assez sélectif pour atténuer suffisamment le bruit de fond de l'ensemble. Un moyen pour y parvenir consiste en l'utilisation d'un filtre mécanique (diapason), qui exige alors une grande stabilité de la fréquence de modulation, difficile à obtenir au moyen d'un disque tournant.

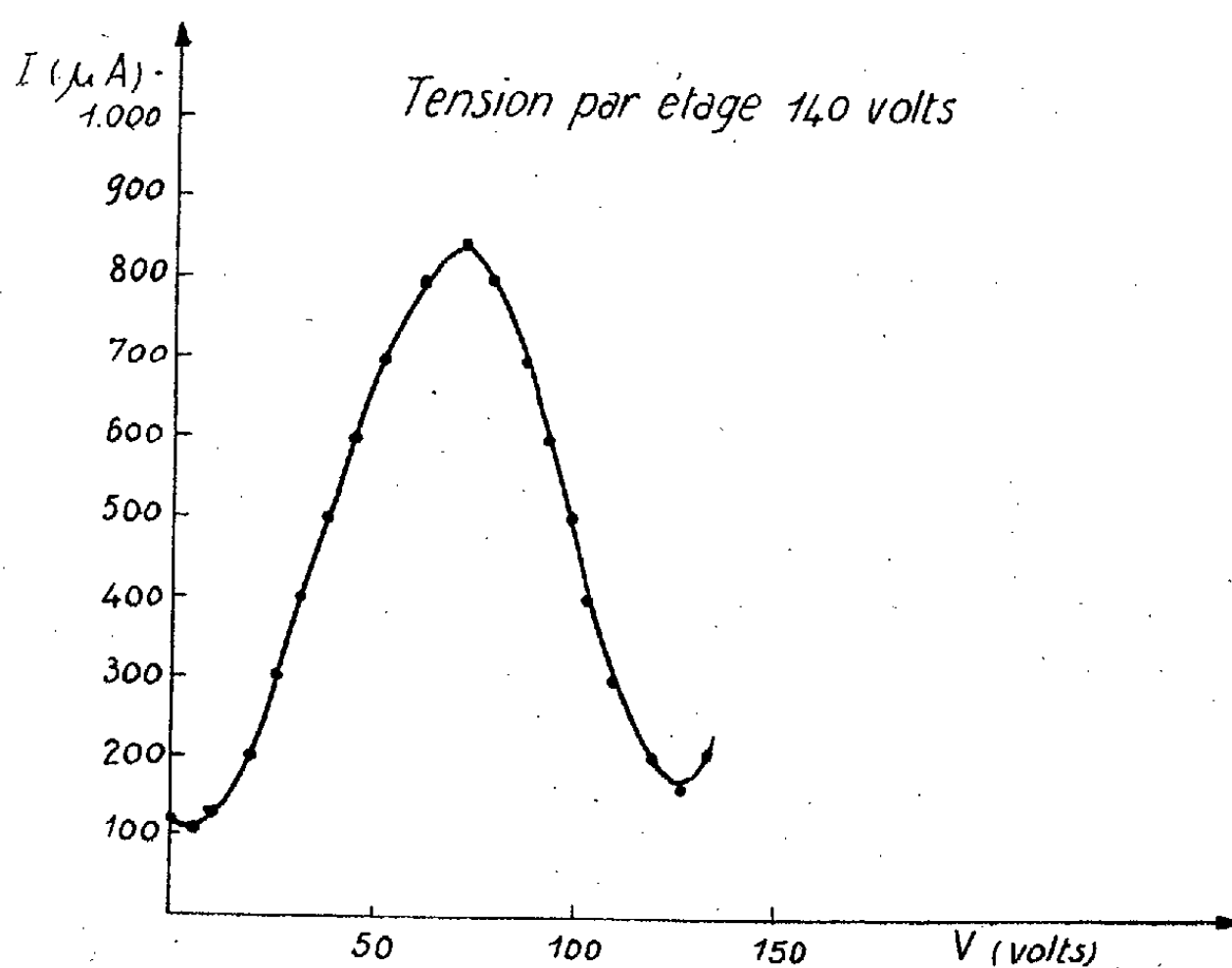
⁽⁶⁾ F. TROMBE et M. FOËX, *ibid.*, 217, 1943, p. 501.

⁽⁷⁾ GORTER, *Archives du Musée Teyler*, (3), 7, 1933, p. 183.

⁽⁸⁾ F. TROMBE, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1591.

Si la couche photoélectrique est suivie d'un multiplicateur d'électrons, les inconvénients précédents disparaissent, l'impédance de charge d'un tel appareil pouvant être de quelques dizaines de milliers d'ohms seulement, sans que le bruit de fond de l'amplificateur qui suit soit gênant, car, par suite de l'amplification considérable du courant photoélectrique par le multiplicateur (de 10^5 à 10^6), les fluctuations de la tension de sortie de ce dernier sont grandes relativement au bruit de fond propre de l'amplificateur.

On peut alors opérer en courant alternatif. Mais, sans moduler la lumière, on peut obtenir à la sortie du multiplicateur une tension alternative proportionnelle au courant photoélectrique, en faisant varier périodiquement la



tension de l'une des électrodes du multiplicateur. La figure représente la valeur du courant de sortie I du multiplicateur en fonction de la tension V de l'électrode qui suit la cathode par rapport à la cathode, les tensions des autres électrodes par rapport à la cathode étant maintenues constantes. Le maximum de cette courbe correspond à la tension optimum de l'électrode considérée. On déduit de ce graphique que, si la tension de l'électrode est modulée sinusoidalement, le flux électronique sera modulé avec la même période. En particulier, si le point de repos est le point optimum, la modulation du flux électronique contiendra très peu d'harmonique 1 et une proportion importante d'harmonique 2. Cette dernière circonstance permet l'emploi de fréquences de modulations élevées, ou de multiplicateurs à faible nombre d'étages, la capacité entre l'électrode de modulation et l'électrode finale n'étant pas gênante, si l'amplificateur, étant accordé sur l'harmonique 2, atténue suffisamment le fondamental.

Cette méthode évite l'emploi d'un disque tournant pour moduler la lumière, d'où les avantages suivants :

- 1° Amélioration de la stabilité de la fréquence de modulation. Elle n'est plus celle de la vitesse de rotation d'un moteur, mais celle d'un oscillateur de faible puissance;
- 2° On n'a plus à craindre l'effet nuisible des vibrations mécaniques du moteur;
- 3° Si plusieurs faisceaux tombent sur la cellule simultanément ou séparément, ils sont modulés suivant la même loi quel que soit leur trajet dans l'espace, à condition toutefois qu'ils couvrent la même portion de cathode;
- 4° Les irrégularités du disque n'interviennent plus.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur un nouvel effet photographique.*

Note de M. **ROGER VIOLET**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Le phénomène suivant, observé fortuitement il y a une vingtaine d'années par M. Cabannes qui m'en a proposé l'étude, ne semble pas encore avoir été remarqué ailleurs. Lorsque deux plages voisines α et β d'une même plaque photographique ont été impressionnées, l'une α par un éclairage faible e agissant pendant une exposition de longue durée T , l'autre β par un éclairage intense E avec pose courte t , de telle sorte que les densités d_α et d_β , obtenues à la fin d'un développement poussé au γ_∞ , soient égales, on constate au début du développement que la plage $\alpha(T, e)$ apparaît la première et que sa densité reste constamment supérieure à celle de la plage $\beta(t, E)$; la différence $d_\alpha - d_\beta$ croît donc d'abord, passe par un maximum, puis décroît et tend vers zéro, lorsque la durée du développement est suffisamment prolongée (*fig. 1 a et b*). Ce phénomène peut être une source d'erreurs importantes dans la mesure photographique du rapport de deux éclairages très différents par la méthode de variation du temps de pose.

2. Dans les expériences actuelles, les éclairages ont varié dans le rapport de 1 à 15 000 par variation de distance et diaphragmation de la source (diffuseur opale éclairé par une lampe à incandescence ordinaire), et les temps de pose dans le rapport de 1 à 360 000 (de 1 sec. à 100 h.); les densités finales obtenues n'ont pas dépassé 1,6. Les essais ont porté sur les pellicules semi-rigides orthochromatiques *Studio-film* Gevaert, format $6,5 \times 9^{\text{cm}}$. Après exposition chaque pellicule a été divisée en dix échantillons contenant chacun une fraction de la plage α et une fraction de la plage β , et chaque échantillon a été plongé un temps τ déterminé (de 1/2 à 15 min.) dans un révélateur au génol-hydroquinone de température connue.

3. En portant en abscisses la durée de développement τ et en ordonnées la densité d au-dessus du voile, mesurée au microphotomètre Chalonge, on obtient les courbes de la figure 1 a; la variation de la différence des densités

$d_\alpha - d_\beta$ est donnée par la figure 1 *b*. L'égalité des densités finales, difficile à obtenir à coup sûr, n'est pas indispensable pour la mise en évidence du phénomène; il suffit que ces densités soient voisines et qu'à la fin du développement celle de la pose courte β soit la plus grande, la pose longue α apparaissant

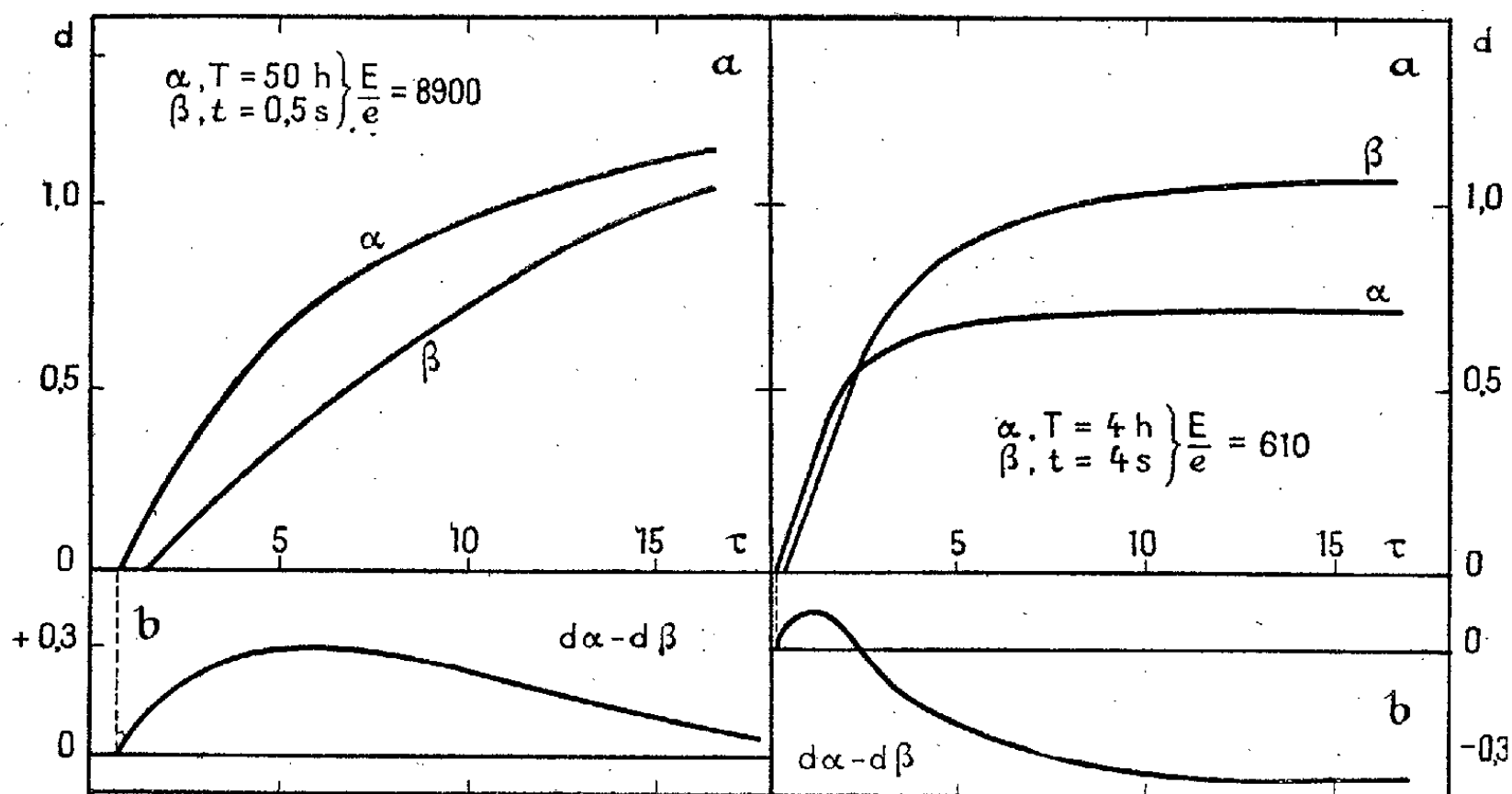


Fig. 1.

Fig. 2.

toujours la première (fig. 2, *a* et *b*). Ces courbes montrent clairement que le développement de la plage α (T, e) s'amorce plus tôt, mais se poursuit plus lentement que celui de la plage β (t, E).

4. L'interprétation de cette différence de période d'induction et de comportement ultérieur dans le révélateur paraît pouvoir être recherchée dans une différence entre les dimensions moyennes des cristaux de bromure d'argent portant les deux images latentes et peut-être aussi dans une différente répartition de celles-ci à l'intérieur des cristaux.

Il semble en effet, dans l'état actuel de la théorie quantique de l'image latente et du développement ⁽¹⁾, qu'on puisse considérer comme acquis et interpréter, au moins qualitativement, les faits suivants :

a. L'image α formée par un faible éclaircissement comprend une plus forte proportion de gros grains. Nous avons confirmé cette hypothèse par des dénombrements effectués sur des photomicrographies de coupes minces des plages : après développement la proportion de gros grains dans α (T, e) est environ 25 % plus grande que dans β (t, E).

b. En moyenne le développement s'amorce plus tôt sur les gros grains que sur les petits, le nombre des germes de développement étant plus élevé sur les premiers que sur les seconds.

⁽¹⁾ W. F. BERG, *Trans. Faraday Soc.*, 39, 1943, pp. 115-134.

c. L'image latente à faible éclaircissement (α) est, dans chaque grain, entièrement répartie sur des centres de sensibilité superficiels, alors qu'à éclaircissement intense (β) elle peut être partiellement interne et par suite plus difficilement développable.

Des expériences ultérieures permettront de vérifier si l'on peut rendre compte ainsi de toutes les particularités du phénomène.

EFFET RAMAN. — *Facteurs de dépolarisation des raies Raman correspondant aux vibrations totalsymétriques des ions CO_3^{--} et NO_3^-* . Note de MM. **PIERRE BACCHUS** et **ALFRED KASTLER**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré le facteur de dépolarisation des raies Raman correspondant à la vibration totalsymétrique de l'ion NO_3^- et de l'ion CO_3^{--} dans une solution de nitrate et de carbonate de potassium ⁽¹⁾. De ces mesures nous pouvons déduire des précisions nouvelles sur le mode de vibration de ces ions.

Le dispositif expérimental que nous avons employé est le même que celui utilisé par J. Cabannes et A. Rousset pour des mesures analogues ⁽²⁾.

Nous mesurons l'éclaircissement de la plaque, dû au fond continu du spectre dans la région de la raie étudiée, et l'éclaircissement dû au fond continu plus la raie Raman. Par différence, on obtient des nombres proportionnels aux intensités des faisceaux i et I . Leur rapport $\rho = i/I$ donne la valeur brute du facteur de dépolarisation cherché.

Cette valeur brute doit subir une correction provenant du non-parallélisme des rayons formant le faisceau incident. Cette correction a été étudiée au double point de vue théorique et expérimental par Cabannes et Rousset ⁽³⁾. Sur notre montage nous sommes conduits à une correction soustractive égale, pour les faibles valeurs de ρ , à 0,02.

Nous avons étudié une solution saturée de nitrate de potassium. Pour la raie Raman 1049 cm^{-1} , excitée par la raie indigo du mercure $\lambda 4358 \text{ Å}$, nous obtenons

$$\rho = 0,11 \quad (\text{valeur brute}), \quad \boxed{\rho' = 0,09} \quad (\text{valeur corrigée})$$

comme moyenne de deux mesures faites avec des temps de pose de 30 heures et de 70 heures. L'erreur probable est évaluée à 0,02.

Nous avons aussi mesuré le facteur de dépolarisation de la raie 1067 cm^{-1} du carbonate de potassium, excitée par les raies $\lambda 4358 \text{ Å}$ ou 4046 Å du mercure. La solution employée (400 gr. de CO_3K_2 par litre) n'ayant pu être

⁽¹⁾ J. CABANNES et A. ROUSSET (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 79) avaient déjà mesuré ces facteurs de dépolarisation et trouvé par les deux ions des valeurs voisines de $\rho = 0,2$.

⁽²⁾ *Ann. de Phys.*, 10^e série, 19, 1933, p. 229.

⁽³⁾ *Journal de Physique*, 8^e série, 1, 1940, p. 181.

rendue parfaitement limpide, malgré l'ultrafiltration, les spectres présentaient un fond continu assez intense rendant les mesures assez imprécises.

Nous avons obtenu

$$\rho = 0,06 \quad (\text{valeur brute}), \quad \boxed{\rho' = 0,04} \quad (\text{valeur corrigée})$$

comme moyenne de deux mesures faites avec des poses de 75 heures.

Interprétation des résultats. — L'ellipsoïde de réfractivité de l'ion CO_3^{--} ou de l'ion NO_3^- est de révolution; les raies Raman étudiées correspondent aux vibrations totalsymétriques de l'ion, dans lesquelles l'ellipsoïde se déforme en restant de révolution autour d'un axe fixe. Si l'on étudie les raies Raman diffusées par un cristal contenant l'ion en question, on peut déterminer le tenseur caractéristique de la déformation. Le tenseur d'amplitude relatif à une vibration totalsymétrique, rapporté aux axes du cristal, qui sont les mêmes que ceux de l'ellipsoïde de réfractivité, ne doit contenir que les termes g'_1, g'_2 et $g'_3 = g'_1$ de la diagonale principale, où g'_1 et g'_2 caractérisent les variations, au cours de la vibration, des deux réfractivités principales en g_1 et g_2 de l'ion, qui ne sont autres que les axes équatorial et polaire de l'ellipsoïde de réfractivité.

On sait que le facteur de dépolarisation dans la solution est lié aux coefficients g'_1 et g'_2 par les relations

$$\rho = \frac{6\delta^2}{(5 + 7\delta^2)}, \quad S = \frac{1 - (g'_1/g'_2)}{[1 + 2(g'_1/g'_2)]}.$$

Des valeurs de ρ que nous avons mesurées on peut ainsi déduire deux valeurs possibles du rapport g'_1/g'_2 :

	ρ	g'_1/g'_2
pour NO_3K	0,09	3,1 ou 0,45
» CO_3K_2	0,04	1,8 0,6

D'autre part l'étude des raies Raman dans les cristaux donne le tenseur d'intensité de la vibration, qui permet d'obtenir le rapport $|g'_1/g'_2|$ en valeur absolue, mais ne permet pas de connaître son signe. La comparaison des résultats donnés par les deux méthodes permet de préciser g'_1/g'_2 en grandeur et en signe.

Pour le nitrate de sodium, l'étude du cristal a été faite par Nedungadi^(*). De ses mesures, on peut déduire le tenseur d'intensité, d'où l'on tire

$$\left| \frac{g'_1}{g'_2} \right| = \sqrt{\frac{100}{19}} = 2,3$$

qui correspond à la valeur $g'_1/g'_2 = +3,1$ que nous trouvons.

(*) *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 10, 1939, p. 197.

Pour la calcite l'étude la plus récente a été faite par Michalke^(*), d'où l'on tire

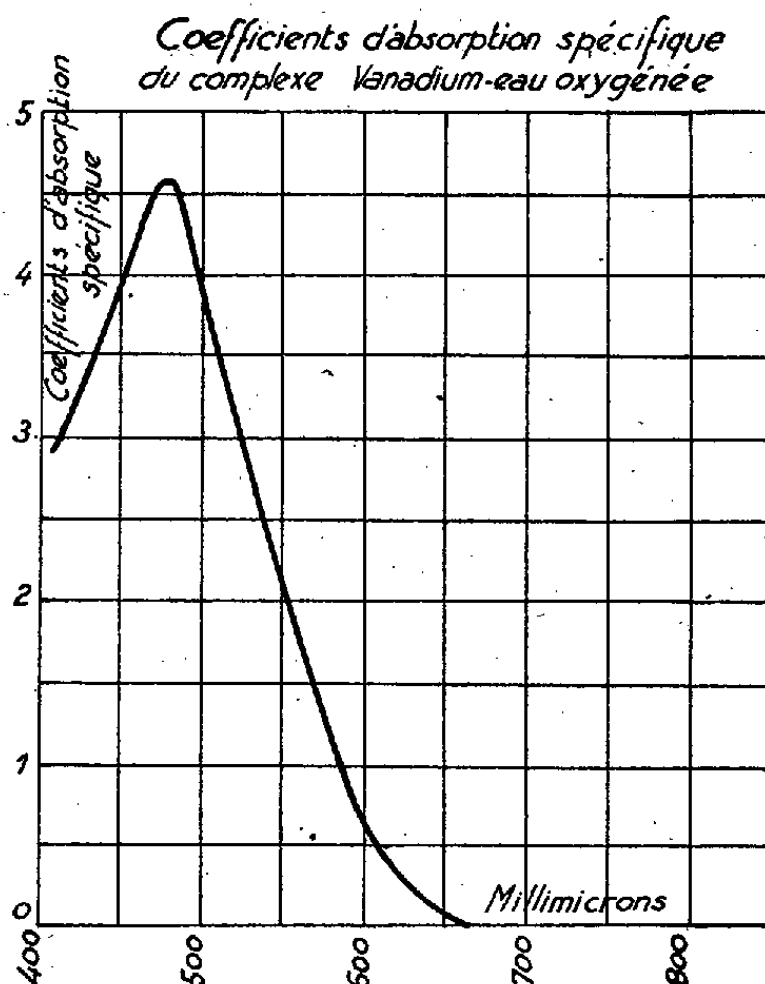
$$\left| \frac{g'_1}{g'_2} \right| = \sqrt{\frac{10}{2,3}} = 2,1$$

qui s'identifie à la valeur 1,8 que nous trouvons.

Nous pouvons donc conclure que, dans la vibration totalsymétrique de l'ion NO_3^- ou de l'ion CO_3^{--} , la déformation de l'ellipsoïde de réfractivité se fait de façon que le demi-axe polaire et le rayon du cercle équatorial soient maxima en même temps, la déformation de l'axe équatorial étant environ deux fois plus grande que celle de l'axe polaire.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Essai de dosage du vanadium dans les aciers par voie spectrophotométrique.* Note de M. **JEAN GILLOD**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les courbes de transmission spectrale du complexe coloré obtenu par réaction de l'eau oxygénée sur une solution de métavanadate d'ammonium dans l'acide azotique ont été déterminées, pour diverses concentrations, par enregistrement au spectrophotomètre⁽¹⁾. A partir des facteurs de transmission, on obtient les valeurs des coefficients d'absorption *spécifique*⁽²⁾.



Les valeurs trouvées sont indépendantes des concentrations à l'approximation des mesures près, ce qui prouve la validité de la loi de Beer-Lambert. La courbe ci-dessus donne les variations des coefficients d'absorption spécifique en fonction des longueurs d'onde. Il existe un maximum pour 480 mμ.

(*) *Zeitschrift für Physik*, 108, 1938, p. 748.

(1) J. GILLOD, *Thèse de Paris*, 14 janvier 1944.

(2) Calculés pour 1% de vanadium métal par litre et une cuve de 1 cm d'épaisseur.

Pour les applications industrielles à l'analyse des alliages, il est intéressant de vérifier que les résultats restent invariables quand le vanadium se trouve en présence d'une grande quantité de fer, ou encore associé à du chrome ou à du nickel.

Nous avons d'abord enregistré au spectrophotomètre les courbes de transmission spectrale de solutions nitriques ou sulfuriques de fer, de nickel ou de chrome.

L'examen de ces courbes permet de choisir la longueur d'onde la plus favorable pour mesurer l'absorption du vanadium en présence de ces métaux. Il est préférable en effet, pour la précision des mesures, que les métaux étrangers présentent une absorption faible pour la longueur d'onde choisie, tandis que le complexe vanadium-eau oxygénée présente une absorption notable.

Nous avons effectué toute une série de mesures pour diverses concentrations en vanadium en ajoutant une forte proportion de fer, de chrome ou de nickel, ainsi qu'on peut en trouver dans les aciers courants au vanadium. La longueur d'onde choisie était $520\text{m}\mu$. Dans tous les cas, les coefficients d'absorption trouvés pour le complexe formé par addition d'eau oxygénée ont été les mêmes que si le vanadium était le seul métal présent dans la solution. La présence de fer, de chrome ou de nickel ne modifie pas la méthode de dosage, pourvu que la solution utilisée soit portée à un degré d'oxydation tel que tout le vanadium reste bien à la valence 5. La séparation préalable de ces métaux n'est pas nécessaire.

On se trouve donc en présence d'une méthode d'analyse quantitative sensible, simple et rapide. La mesure du coefficient d'absorption a se ramène à celle de deux élongations x et y du spot galvanométrique de l'appareil pour la longueur d'onde choisie, avant et après réaction à l'eau oxygénée; on a

$$a = \log \frac{x}{y}.$$

Soit a_0 le coefficient d'absorption *spécifique*, connu une fois pour toutes ($a_0 = 3,46$ pour $\lambda = 520\text{m}\mu$). Le rapport a/a_0 donne en grammes par litre la concentration en métal vanadium dans la solution étudiée.

La précision dans les mesures atteint 1/100, si l'on choisit les concentrations des solutions de façon que les coefficients d'absorption a restent compris entre 0,2 et 1. Elle est du même ordre que le titre des solutions utilisées.

De telles mesures ne sont plus possibles si l'on remplace la lumière monochromatique fournie par le spectrophotomètre par des bandes spectrales de 50 à 80 $\text{m}\mu$ de largeur, comme on les utilise dans les colorimètres ordinaires.

On démontre aisément, et l'expérience confirme que les coefficients apparents d'absorption ne sont plus proportionnels aux concentrations; de plus, ils varient notablement avec la couleur initiale de la solution. C'est ainsi qu'en présence de chrome (dans la proportion de 5 $^{\text{s}}$ de chrome pour 1 $^{\text{s}}$ de vanadium), le coeffi-

cient d'absorption mesuré augmentait de 30 % en lumière verte et de 20 % en lumière bleue.

Il apparaît bien que beaucoup de dosages par voie colorimétrique ordinaire dans lesquels la loi de Beer-Lambert semble ne pas s'appliquer, pourraient être repris par spectrophotométrie. L'utilisation de lumière monochromatique avec une longueur d'onde bien choisie montrerait souvent que la loi de Beer-Lambert se vérifie en fait, permettant ainsi une méthode de dosage simple et précise.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des sulfates ferriques.*

Note de M. JEAN AMIEL, M^{lle} MICHELINE GOURDONNEAU et M. RENÉ VAUTHIER.

Les mémoires d'Applebey et Wilkes ⁽¹⁾ et de Posnjak et Merwin ⁽²⁾, parus en 1922, ne faisant pas mention d'un sulfate basique et des variétés jaune et blanche du sulfate normal $(\text{SO}_4)_3\text{Fe}^2, 9\text{OH}^2$ décrits en 1907 par Recoura ⁽³⁾, il nous a paru utile d'en reprendre l'étude.

Préparation. — Nous avons préparé le sulfate anhydre $(\text{SO}_4)_3\text{Fe}^2$. A partir des solutions aqueuses de ce sel, nous avons obtenu, par une méthode voisine de celle de Recoura, un sulfate hydraté jaune $(\text{SO}_4)_3\text{Fe}^2, 9\text{OH}^2$. Lorsque nous avons voulu passer de celui-ci à son isomère blanc par le procédé de Recoura, nous avons toujours échoué. Mais certains échantillons de sulfate jaune se sont transformés lentement en sulfate blanc, à masse constante, en atmosphère séchée par du chlorure de calcium. Les analyses donnent des compositions très voisines pour les deux variétés; toutefois nous avons trouvé que le sel jaune stable était très légèrement basique, alors que le sel blanc était neutre ou très légèrement acide. Recoura avait conclu à une isomérisation en étudiant l'action de l'eau et de l'alcool sur ces deux sulfates.

Par action de l'acétone sur les solutions aqueuses de sulfate ferrique, nous avons isolé au bout d'un mois le sulfate basique $6(\text{SO}_4)_3\text{Fe}^2, \text{O}^3\text{Fe}^2, \text{aq.}$ décrit par Recoura.

En traitant ces solutions par l'acide sulfurique, nous avons facilement reproduit l'acide ferrisulfurique $(\text{SO}_4)_3\text{Fe}^2, \text{SO}_4\text{H}^2, 8\text{OH}^2$.

Spectres de diffraction X. — Ces spectres ont été obtenus par l'un de nous suivant la méthode de Debye-Scherrer.

Le sulfate ferrique anhydre est amorphe, du moins lorsqu'on le prépare comme Recoura.

Les spectres des sulfates hydratés jaune et blanc présentent de petites différences. Voici, convertis en interstices (en Å), les résultats trouvés expérimentalement, en utilisant en moyenne quatre clichés pour chaque corps (entre parenthèses, l'intensité relative des raies évaluée de 1 à 10).

⁽¹⁾ *J. Chem. Soc.*, 121, 1922, p. 337.

⁽²⁾ *J. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1965.

⁽³⁾ *Ann. Chim. Phys.*, 8^e série, 11, 1907, p. 264.

Sulfate jaune. — 9,05 (10); 5,40 (5); 4,77 (5); 4,00 (1); 3,55 (8); 3,35 (4); 3,10 (6); 2,73 (2); 2,50 (1); 2,30 (1).

Sulfate blanc. — 9,00 (10); 7,55 (1); 5,42 (4); 4,73 (7); 4,05 (1); 3,37 (8); 3,15 (3); 3,00 (1); 2,73 (2); 2,55 (1); 2,30 (1); 1,87 (1); 1,77 (1); 1,68 (1).

La raie correspondant à l'interstice 3,55 ne figure que dans le spectre du sulfate jaune; celle qui correspond à l'interstice 3,37 est plus intense dans le spectre du sulfate blanc; ce dernier spectre est plus net, de sorte qu'on a pu repérer des raies plus nombreuses. Ceci confirme donc l'hypothèse d'une isomérisation.

Le spectre X du sulfate basique ne renferme que quelques raies, figurant avec des intensités relatives différentes dans l'un ou l'autre des spectres précédents.

5,45 (10); 4,70 (3); 3,97 (1); 3,57 (10); 3,10 (3).

Pour l'acide ferrisulfurique, on note une contraction systématique des interstices :

8,60 (10); 7,35 (1); 4,70 (3); 4,02 (3); 3,25 (8); 3,05 (8); 2,30 (1).

Mesures magnétiques. — Ces composés sont paramagnétiques. Les mesures ont été faites dans une cave profonde où régnait une température de 10°C., à l'aide d'une balance magnétique du type Curie-Chéneveau à laquelle Amiel a fait apporter divers perfectionnements. Nous avons pris comme étalon le sel de Mohr, de susceptibilité spécifique $33,71 \cdot 10^{-6}$ à 10°C. Voici les valeurs, à 10°, de la susceptibilité magnétique spécifique χ , du produit χ_M de cette susceptibilité par la masse moléculaire, et de la *susceptibilité atomique du fer* χ_{Fe} obtenue en ajoutant à χ_M les corrections nécessaires pour tenir compte du diamagnétisme de $(SO_4)^{--}$, OH^2 et SO^4H^2 , et en divisant par le nombre d'atomes de fer dans la molécule :

	χ à 10°.	χ_M à 10°.	χ_{Fe} à 10°.
$(SO_4)^3Fe^2$ anhydre.....	$61,1 \cdot 10^{-6}$	0,0244	0,01225
$(SO_4)^3Fe^2, 9OH^2$ jaune.....	40,0	0,0225	0,01135
$(SO_4)^3Fe^2, 9OH^2$ blanc.....	53,7	0,0302	0,0152
$(SO_4)^3Fe^2, SO^4H^2, 8OH^2$	45,5	0,0292	0,0147
$6(SO_4)^3Fe^2, O^3Fe^2, 57OH^2$	36,2	—	—

Nous n'avons pas pu faire de correction certaine pour l'oxyde ferrique du sulfate basique. La précision des mesures est de 2 %.

On peut donc affirmer que les sulfates jaune et blanc, qui ont des susceptibilités magnétiques très différentes, constituent deux isomères. Le fer est nettement plus dissimulé dans le premier de ces composés. Le sulfate jaune n'est pas du sulfate blanc coloré par des traces de sulfate basique ou d'oxyde ferrique.

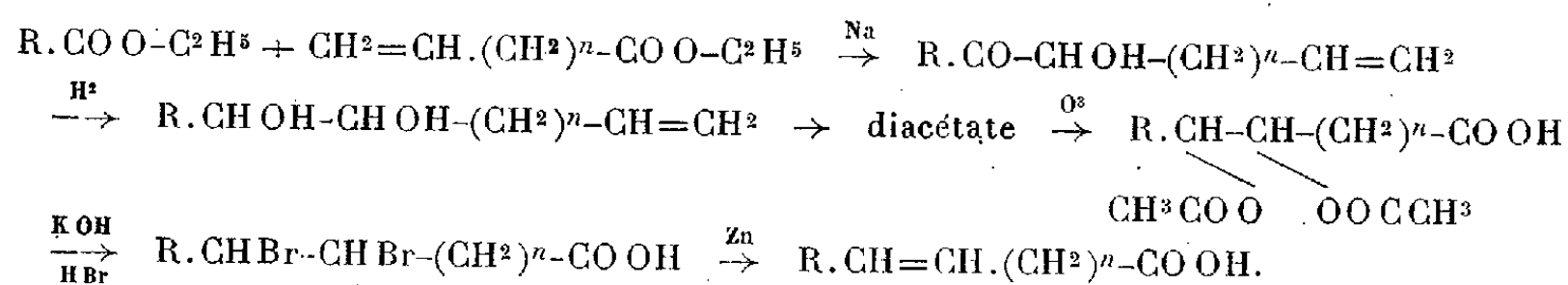
Conclusion. — Nos travaux confirment donc ceux de Recoura.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse totale de quelques acides gras mono-éthyléniques à chaîne normale.* Note de M. **PIERRE BAUDART**, présentée par M. Marcel Delépine.

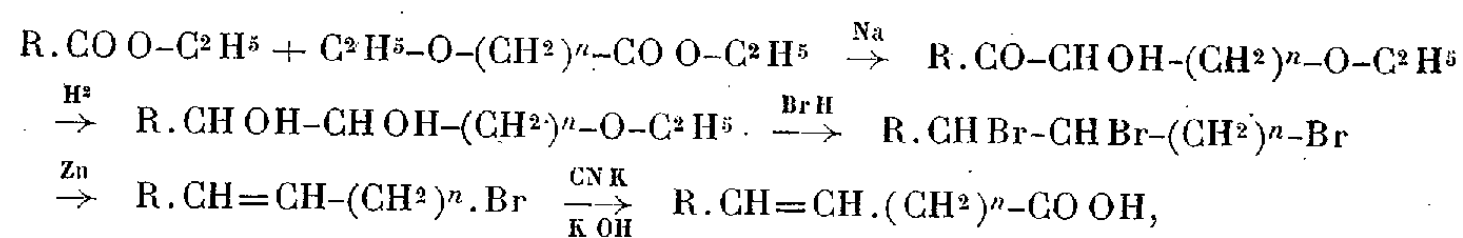
Sauf pour quelques cas particuliers, la création d'une liaison éthylénique en un point déterminé d'une chaîne a toujours présenté de grandes difficultés. Dans une récente synthèse de l'acide oléique (¹), nous avons fait réagir un magnésien sur un éther-oxyde α - β -dibromé. La réduction de l' α -bromoéther ainsi formé conduit à la double liaison cherchée. Nous avons étendu cette méthode en synthétisant l'acide linoléique (diéthylénique) (²). Le procédé ci-dessus présente deux défauts, les rendements sont mauvais dans les chaînes à poids moléculaire élevé; il fait appel à des matières premières assez difficilement accessibles.

Dans le présent travail nous avons suivi une voie de synthèse différente, basée sur la préparation d'une acyloïne, réduite ensuite en glycol correspondant. Ce dernier, transformé en dibromhydrine, donne, après réduction, la liaison éthylénique. Les acyloïnes se préparent avec d'excellents rendements par la méthode de Hansley (³), méthode que nous avons étendue en préparant des acyloïnes à radicaux non symétriques, l'un d'eux permettant la création ultérieure d'une fonction carboxylée. Nous avons étudié deux voies de synthèse différentes :

Méthode A.



Méthode B.



Dans la méthode A, l'une des matières premières, l'ester ω -éthylénique, est difficilement accessible [sauf dans le cas de l'acide undécylénique (⁴)]; la réduction de l'acyloïne nécessite l'emploi d'isopropylate d'Al; le rendement final est de 15 % environ (calculé sur l'ester ω -éthylénique).

(¹) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 399.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, **11**, 1944, p. 336.

(³) *J. Am. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 2303.

(*) RUZICKA, PLATTNER et WIDMER, *Helv. Chim. Acta*, **25**, 1942, p. 604.

Dans la méthode B, l'ester-éther-oxyde s'obtient sans difficultés⁽⁵⁾; la réduction de l'acyloïne s'effectue sans précautions spéciales en présence de Ni-Raney; le rendement atteint 25 %.

Bien entendu, au cours de la préparation de l'acyloïne il se forme un mélange de deux produits symétriques et du produit à radicaux mixtes. Comme il est d'usage dans ce cas, nous avons augmenté la proportion de l'ester le plus facilement accessible, afin que la presque totalité de l'autre entre dans la combinaison intéressante. Dans chaque cas nous avons séparé les glycols stéréoisomères α et β , que nous avons traités séparément et qui nous ont conduit aux acides correspondants (*cis* ? et *trans* ?)

Des Mémoires détaillés paraîtront dans un autre Recueil.

I. UNDÉCÈNE-5 OÏQUE (Méthode A). — *Hexène-5 oate d'éthyle*. — L'adipate acide d'éthyle, transformé en sel de K par l'éthylate de K dans l'éthanol anhydre et réduit par Na, donne l'hexanol-6 oïque. Ce dernier est transformé en stéarate de l'hexanol-6 oate d'éthyle qui, décomposé par la chaleur, conduit à l'hexène-5 oate d'éthyle (ester *p*-bromophénacyle F 48°).

Dodécène-1 diol-6.7. — L'acyloïne a été préparée par la méthode de Hansley (*loc. cit.*) à partir de 2,5 parties de caproate d'éthyle et 1 partie d'héxénoate. Après une rectification et réduction par l'isopropylate d'Al, les diols ont été séparés par cristallisation dans CHCl_3 (β , F 111°-112°; α , F 62°-64°).

Undécène-5 oïque. — Le diacétate du précédent, oxydé par l'ozone et MnO_4K , conduit au diacétate de l'undécane-diols-5.6 oïque, qui, saponifié, traité par BrH, réduit par Zn en présence de INa dans l'acétone, conduit à l'acide cherché (ester *p*-bromophénacyle α , F 57°-58°; β , F 46-47°).

II. DODÉCÈNE-6 OÏQUE (Méthode B). — *Éthoxy-5 pentanoate d'éthyle*. — Le sel d'argent de l'adipate acide d'éthyle, dégradé par Br suivant la méthode de H. et C. Hunsdieker (*loc. cit.*), conduit au bromo-5 pentanoate d'éthyle qui, traité par l'éthylate de Na, donne l'éthoxy-5 pentanoate (ester *p*-bromophénacyle F 46°).

Éthoxy-1 undécane diol-5.6. — L'acyloïne préparée à partir du caproate d'éthyle et de l'ester précédent, réduite en présence de Ni-Raney, conduit aux diols cherchés (β , F 108°-109°; α , F 57°-58°).

Dodécène-6 oïque. — Le précédent, chauffé pendant 50 heures à 90°-100° avec un excès de BrH dans l'acide acétique, donne, après réduction ménagée par Zn, le bromo-1 undécène-5 qui, par l'intermédiaire du nitrile correspondant, conduit à l'acide cherché (ester *p*-bromophénacyle; α , F 61°-62°; β , F 49°-50°).

III. HEXADÉCÈNE-9 OÏQUE (ACIDE PALMITOLÉIQUE). — *Éthoxy-8 octanoate d'éthyle*. — Préparé comme précédemment à partir du sel d'Ag de l'azélate acide d'éthyle (ester *p*-bromophénacyle F 39°).

Éthoxy-1 pentadécane diol-8.9. — Le précédent, condensé avec l'heptanoate d'éthyle, conduit à l'acyloïne, qui réduite donne le diol (β , F 110°-111°; α , F 57-58°).

Hexadécène-9 oïque. — Obtenu par des traitements analogues à ceux de la précédente synthèse. α , F 32°-33°⁽⁶⁾; β (ester *p*-bromophénacyle) F 40°-41°. La fusion de ce dernier s'effectue sans dépression par mélange avec le produit correspondant extrait d'un échantillon d'huile de foie de Requin de la Méditerranée.

⁽⁵⁾ H. et C. HUNSDIEKER, *Ber. d. chem. Ges.*, 75, 1942, p. 291.

⁽⁶⁾ Cf. NAGEL et MORTENS, *ibid.*, 74, 1941, p. 976.

IV. OCTADÉCÈNE-9 OÏQUE (ACIDE OLÉIQUE). — Préparation identique à la précédente, l'heptanoate étant remplacé par le nonanoate d'éthyle.

Éthoxy-1 heptadécane-1,9-diols : β , 112°-113°; α , 60°-61°.

Octadécène-9 oïque : α (élaïdique) F 44°-45°; β (oléique) ester *p*-bromophénacyle F 44°-45°, fondant sans dépression par mélange avec les dérivés correspondants du produit naturel.

GÉOLOGIE. — *Sur la transgression sénonienne dans la région tellienne du département d'Alger*. Note de M. ALEXIS LAMBERT, transmise par M. Charles Jacob.

La transgression sénonienne est indubitable sur la *chaîne calcaire*; cet étage y est représenté par des marno-calcaires à Inocérames, Rosalines et Baculites. Sur le revers sud du *sillon tellien*, E. Ficheur ⁽¹⁾ et S. Savornin ⁽²⁾ ont signalé l'étage, également transgressif. Dans le sillon tellien (zone II de L. Glangeaud) il était admis que le Sénonien est représenté par des marnes noires, à boules calcaires jaunes et Inocérames. D'après L. Glangeaud ces terrains passent, à leur partie supérieure, à des couches détritiques admettant de petits poudingues et des microbrèches annonçant l'émersion qui clôt le cycle sédimentaire crétacé.

Le levé géologique de la feuille Laperrine au 50000°, qui se situe dans le sillon tellien, m'a permis de modifier les conceptions admises jusqu'à ce jour, au moins pour la région comprise entre les méridiens d'Alger et de Bouira.

Sur la partie Est de la feuille et débordant sur celle de Tablat, en compagnie de M. Aymé, j'ai observé, reposant sur les différents termes du Crétacé, depuis l'Aptien et y compris les marnes noires à boules jaunes, une puissante formation de marnes grises admettant de nombreux lits de microbrèches chargés de débris d'Inocérames. Cette série débute par un poudingue qui, quoique peu puissant, se présente d'une façon constante. D'autres niveaux de poudingues apparaissent sporadiquement au sein des couches plus finement détritiques. Les niveaux grossièrement détritiques renferment de nombreux Ostracés parmi lesquels : *Ostrea nicaisei* Coq., *Ostrea (Pycnodonta) vesicularis* Lmk., *Ostrea santoneensis* d'Orb., *Ostrea renoui* Coq., *Ostrea vomer* Coq., ainsi que *Arca teutobochus* Coq.

Cette faune semble caractériser le Santonien. Les couches sénoniennes sont ployées en un vaste synclinal s'étendant sur plusieurs kilomètres en longueur et en largeur. Suivant une partie de la périphérie de ce synclinal, le Trias gypseux apparaît et des ophites l'accompagnent généralement. Le matériel triasique est repris dans le poudingue de base du Sénonien. Par contre le Trias se montre intrusif dans les terrains antérieurs.

Ces diverses observations montrent que d'importants mouvements orogé-

⁽¹⁾ *Bull. Soc. Géol. France*, 3^e série, 17, 1988, p. 247.

⁽²⁾ Étude géologique de la région de Hodna et du plateau sétifien (*Thèse*, Lyon, et *Bull. Carte Géol. Algérie*, 2^e série, n° 7, 1 vol. in-8°, 496 p., 94 fig., 1 carte h. t.).

niques se sont produits avant la transgression sénonienne. Ils ont alors provoqué l'intrusion du Trias à travers la couverture crétacique sur une vaste étendue. Le phénomène de plissement s'est poursuivi au cours du dépôt des terrains sénoniens.

Le Crétacé supérieur détritique et transgressif s'observe également en divers points de la feuille Laperrine, où il forme de petits synclinaux respectés par l'érosion. Aux environs mêmes du centre de cette feuille, aux abords de la chaîne calcaire, l'orogénie tertiaire, ainsi que les intrusions triasiques concomitantes, ont produit des bouleversements qui rendent l'observation difficile. On peut néanmoins y voir une série détritique à faciès flysch, reposant indifféremment sur les divers termes du Crétacé inférieur et moyen. Ce terrain m'a fourni des Huîtres caractéristiques, ainsi que quelques fragments de Rudistes, vers le village de Laperrine.

Sur le revers sud de la chaîne calcaire (zone 1° de L. Glangeaud), j'ai observé en différents points (route de Keddara à Palestro, flanc nord de la vallée de l'oued Isser aux abords du village de Thiers) un flysch à microbrèches et petits poudingues qui se distingue du flysch Albo-Aptien par la présence de nombreux fragments d'Inocérames dans des marnes finement détritiques.

On voit que l'âge des marnes noires à boules jaunes est à nouveau remis en question ⁽³⁾. La partie inférieure de ces terrains peut être datée à proximité du village de Thiers sur la rive sud de l'oued Isser. On y observe, reposant sur le flysch, de petits poudingues à ciment calcaire qui m'ont fourni *Orbitolina discoidea-conoidea* A. Gras et *Heterodiadema* sp.

Ce niveau détritique est surmonté de calcaires récifaux à Rudistes; puis se présentent, en concordance, les marnes noires à Inocérames, qui offrent une épaisseur d'un millier de mètres. On a donc là une série compréhensive, vraisemblablement depuis l'Albien et allant peut-être jusqu'au Cénomanién. Comme le pense J. Savornin ⁽⁴⁾, on pourrait admettre l'existence d'une lacune turonienne dans cette partie du Tell.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cytologie des zoospores de Plasmopara viticola Berl. et de Toni*. Note de M. MARCEL BOSC, présentée par M. Louis Blaringhem.

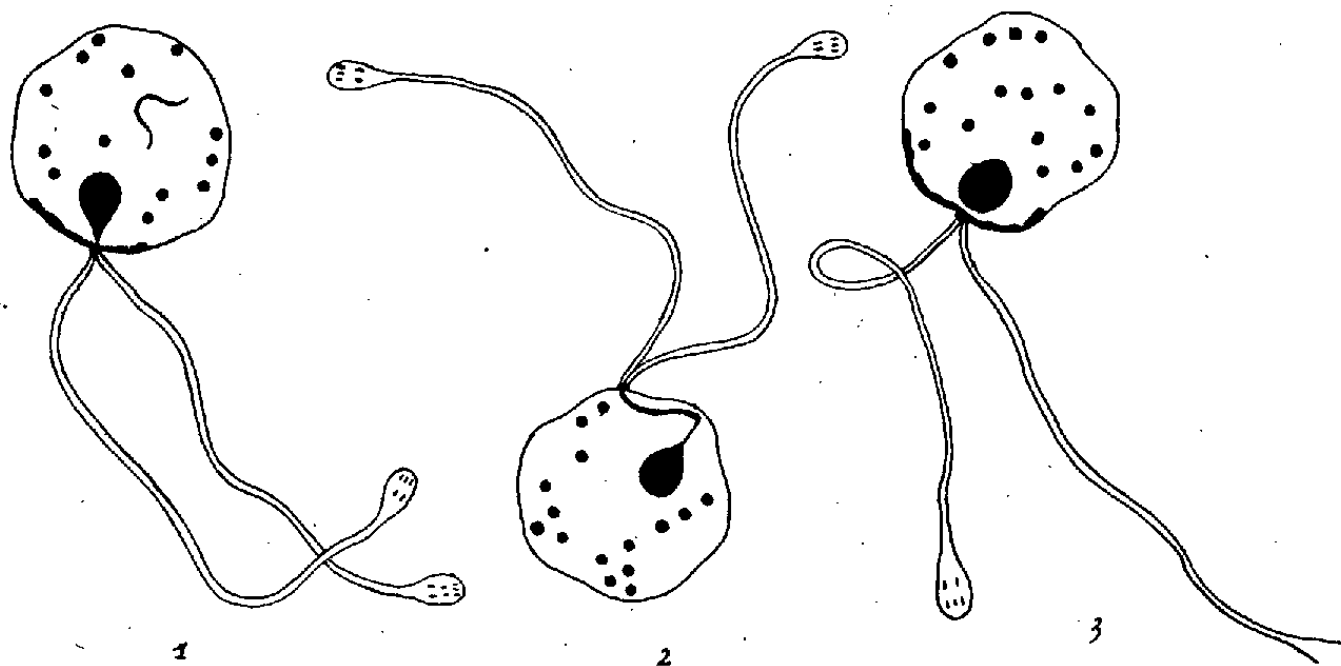
La cytologie des zoospores de *Plasmopara viticola* Berl. et de Toni a pu être précisée à l'aide de techniques de coloration sur matériel fixé et frais et par observation directe en éclairage sur fond noir (ultramicroscope).

Observations après fixation. — Fixation au liquide de Champy et de Duboscq-

(3) L. GLANGEAUD, *Thèse de doctorat*, Paris, et *Bull. du Serv. de la Carte géol. de l'Algérie*, 2^e série, n° 8, 1932, p. 259.

(4) Cf. *La Géologie algérienne et nord-africaine depuis 1830*, p. 267 (Collection du Centenaire de l'Algérie).

Brasil; étalement à la gélose selon la technique de E. Chatton ⁽¹⁾, coloration à l'hématoxyline de Heindenhain. Les zoospores issues des conidies d'été sont de formes arrondies et mesurent 10^{μ} de diamètre environ (*fig.* 1, 2, 3). Elles



Plasmopara viticola Berl. et de Toni. 1, 2, 3, zoospore. — Champy, H. F. $\times 1.600$.

présentent une baguette osmiophile qui est à rapprocher du parabasal signalé à la base des flagelles chez les Flagellés ⁽²⁾ et les choanocytes des Éponges et qui paraît être l'homologue de la plaquette osmiophile observée par Mèves ⁽³⁾ dans les spermatozoïdes de *Fucus serratus* et de *Fucus vesiculosus*. Cette baguette, le plus souvent rectiligne, est quelquefois flexueuse et paraît, dans certains cas, formée de granulations ovoïdes réunies entre elles par un tractus osmiophile. Le noyau, qui présente un nucléole, peut être en contact avec un centrosome (blépharoplaste). Il est alors piriforme ou légèrement ovoïde, sans contact avec le centrosome ou en rapport avec lui par un fin rhizostyle. Du centrosome partent deux flagelles de longueur et de grosseur inégales, dont l'extrémité est terminée en spatule. Ils peuvent atteindre 25 à 30 μ de long. Le centrosome, toujours en contact avec le parabasal, a pu être observé soit à une extrémité (*fig.* 2) de celui-ci, soit en un point voisin de son milieu. C'est dans ce dernier cas surtout qu'a pu être vérifiée (*fig.* 1 et 3) sa liaison avec le noyau. Le chondriome se présente généralement sous forme de mitochondries; on n'observe que très rarement des chondriocontes (*fig.* 1).

Coloration vitale. — C'est le rouge neutre qui donne les plus belles colorations vacuolaires. Ce colorant met en évidence une grosse vacuole, qui est accompagnée, quelquefois, de une ou deux autres vacuoles de même taille ou de trois ou quatre plus petites. La formation *de novo* de celles-ci a été observée. A leur apparition elles se teintent en orangé; celles qui les ont précédées sont colorées en rouge vif. On a pu observer aussi de très petites vacuoles, à contour très net,

⁽¹⁾ *Bull. hist. appl.*, 6, 1929, pp. 268-270.

⁽²⁾ O. DUBOSCQ et P.-P. GRASSÉ, *Arch. Zool. exp.*, 73, 1938, pp. 381-621.

⁽³⁾ *Arch. für Mikros. Anat.*, 91, 1918, pp. 272-311.

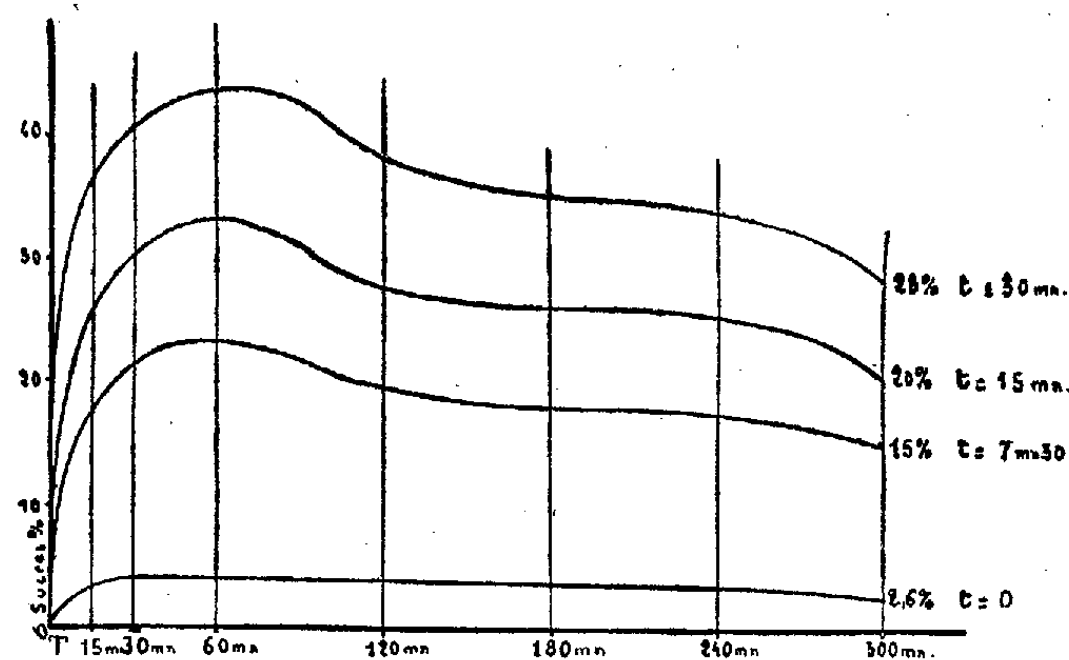
dans l'un des deux flagelles seulement; ce qui permettrait de conclure à l'existence d'une gaine protoplasmique organisée. Le vert janus colore les mitochondries et, fortement aussi, le granule, sur lequel s'insèrent les deux flagelles. Le centrosome, relativement gros, paraît recouvert d'une couche lipodique, analogue à celle qui constitue les mitochondries. D'ailleurs Meves a coloré, comme les mitochondries, par la fuchsine acide, les centrosomes de *Fucus vesiculosus* et de *Fucus serratus*.

Observations à l'ultramicroscope. — Le protoplasme apparaît granuleux. Quand la zoospore est en mouvement les deux flagelles sont dans le prolongement l'un de l'autre. L'un d'eux joue le rôle d'une rame et l'autre celui d'un gouvernail. La zoospore peut avoir un mouvement de rotation dû à l'enroulement d'un flagelle autour d'elle.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'hydrolyse des celluloses du bois.*

Note de M. FRANÇOIS ABADIE.

Pour cette étude nous avons pris comme base le procédé Brus-Fauconnau. On broie une quantité de bois équivalente à 100^{kg} de bois sec avec 136^{kg} d'acide sulfurique à 60° B. On laisse le mélange macérer pendant 4 heures; on ajoute 250^l d'eau et l'on chauffe durant 15 minutes entre 80 et 100°; on neutralise, on filtre et l'on extrait le glucose. Nous avons conservé constants les facteurs suivants : proportions et concentration de l'acide, macération et chauffage vers 100° et fait varier les temps de macération et de chauffage, qui ne semblaient pas avoir fait l'objet de recherches méthodiques. La réaction a été arrêtée en réduisant la concentration en acide à 0,5 % par addition d'eau. Les dosages ont été faits par la méthode de Bertrand.



Nous avons utilisé de la sciure de bois de peuplier très fine et très saine. Les résultats, obtenus en faisant varier le temps de macération T de 15 à 300 minutes et le temps de chauffage t de 0 à 30 minutes, ont été représentés par une série de courbes en portant en ordonnée le rendement en sucres % de bois sec et en

abscisse le temps de macération; chaque courbe correspond à un temps de chauffage constant.

Constatations physiques. — Lorsque $t = 0$ la solution est brune et très lente à filtrer. Elle devient incolore et traverse le filtre aussi vite que l'eau quand $t = 30$ minutes. Sous l'action de l'acide sulfurique la cellulose est transformée en produits gélatineux et colloïdaux, qu'un chauffage en présence d'eau détruit peu à peu.

Influence des temps de macération et de chauffage. — L'examen des courbes montre qu'elles ont toutes la même forme générale. Quel que soit le temps de chauffage t , le rendement en glucose croît d'abord avec le temps de macération T , puis diminue à partir d'une certaine valeur de T , la même pour toutes les courbes. C'est donc uniquement durant la macération que la cellulose est dégradée en produits hydrolysables. Le chauffage ultérieur ne peut qu'hydrolyser ce qui a été dégradé durant la macération.

Aussi poussé qu'on le voudra, le chauffage ne permettra d'obtenir le maximum de sucres que si la macération a été bien conduite. Il faudra pousser l'attaque de la cellulose aussi loin que possible en évitant de dépasser le point où, à leur tour, les produits de la dégradation sont attaqués. En réalité cette attaque a lieu dès le début; on s'arrête quand la destruction l'emporte sur la formation. Pour chaque espèce de bois et pour ses différents états physiques (humidité, état de division etc.) il sera nécessaire de déterminer la valeur optima de T .

Le rendement en glucose croît toujours avec le temps de chauffage. Quel que soit le temps de macération, l'hydrolyse totale des produits de la dégradation se produit toujours après un même temps de chauffage.

En vue de l'application industrielle du procédé, deux séries d'essais seront suffisantes. La première sera l'étude du temps de macération. On le fera varier en faisant toujours suivre d'un même temps de chauffage, par exemple 15 minutes. Dès que le rendement en glucose diminuera, on s'arrêtera. Ensuite, en prenant pour temps de macération le temps T pour lequel au cours des premiers essais le rendement aura été le meilleur, on fera varier le temps de chauffage jusqu'à ce que le rendement ne soit plus en augmentation sensible. On adoptera les temps de macération et de chauffage qui auront donné les meilleurs résultats dans chaque série d'essais.

Formule empirique. — L'influence du temps de macération T serait représentée par une formule empirique assez compliquée. Par contre l'influence du temps de chauffage t peut être formulée plus simplement. Comme elle est pratiquement indépendante de T , à l'aide de courbes déduites du premier graphique et de calculs simples, nous sommes arrivé à la formule suivante, dans laquelle G désigne le pourcentage de glucose obtenu :

$$G(t) = G(0) + [G(30) - G(0)] \log_{10}(1 + 0,30 t).$$

Cette formule n'est assez satisfaisante que dans l'intervalle étudié.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les phases de croissance chez Helix aspersa Müll.*

Note (1) de M^{lle} JEANNE DEFAYE, présentée par M. Maurice Caullery.

Le cycle complet du développement de l'Escargot gris *Helix* (*Cryptomphalus*) *aspersa* Müll. a été étudié au laboratoire dans des conditions de milieu constantes : température de 15°, air saturé d'humidité, alimentation variée et surabondante. Aucune diapause saisonnière n'a été observée dans ces conditions : le développement se poursuit sans interruption jusqu'à la ponte et dure environ une année. L'analyse de la croissance pondérale conduit à subdiviser ce développement en plusieurs périodes, ou *phases*, de croissance exponentielle. Chaque phase se traduit par un segment de droite sur le graphique *log. poids/temps* et peut être définie par une valeur du *taux de croissance* (accroissement journalier, multiplié par 1000, du logarithme du temps).

1° Une première phase de croissance rapide, débutant à l'éclosion (poids 15 à 20^{mg}, coquille de 1 tour 1/4 à 1 tour 1/2 de spire), est caractérisée par un taux de croissance de 9, soit un doublement du poids tous les mois environ. Elle dure de 8 à 9 mois et se termine lorsque l'animal atteint un poids voisin de 3^s,5, avec une coquille comportant 3 tours 3/4 de spire. Durant cette phase, que j'appellerai *juvénile*, la glande hermaphrodite est déjà ébauchée et toutes les parties de l'appareil génital se différencient progressivement. Comparé au poids total du corps, le poids de l'appareil génital manifeste une allométrie fortement majorante ($\alpha = 2,3$). Le poids de la coquille s'accroît un peu plus vite que celui des parties molles.

2° Un abaissement brusque du taux de croissance à la valeur 3 marque le début d'une seconde phase de croissance, qui se poursuivra durant près de 5 mois, jusqu'à ce que l'animal ait atteint son poids définitif (environ 10^s) et sa coquille un peu plus de 4 tours de spire. Le début de cette phase, dite de *maturité*, correspond à l'entrée en fonction de la glande hermaphrodite (puberté), le canal hermaphrodite apparaissant alors distendu par une masse blanche de spermatozoïdes. Le poids de l'appareil génital dans son ensemble reste, durant cette phase, lié au poids du corps par la même relation d'allométrie que précédemment; mais certaines parties du tractus génital manifestent une croissance nettement dysharmonique par rapport aux autres. Il en est ainsi pour le flagellum du pénis et pour le diverticule de la poche copulatrice, qui, de même longueur que le canal de la poche à la puberté, peut être finalement 6 fois plus long que lui. Quant à la glande de l'albumine, elle s'accroît en présentant, aussi bien avant qu'après la puberté, la même relation d'allométrie majorante ($\alpha = 1,3$) par rapport à l'ensemble de l'appareil génital. La corrélation

(1) Séance du 12 mars 1945.

observée chez les Limaciens ⁽²⁾ entre la puberté et le développement de la glande de l'albumine n'existe donc pas chez *Helix aspersa*, où, par contre, de nouvelles corrélations se manifestent.

3° Une dernière phase de la vie, que j'appellerai *phase adulte*, commence lorsque l'animal atteint un poids de 5^g environ. A partir de ce moment en effet, l'accroissement du poids total du corps est dû presque uniquement à l'accroissement de la coquille, dont le poids arrive à représenter, en fin de croissance, la moitié du poids total. En même temps, la forme de la coquille se modifie profondément : la ligne de suture s'abaisse sur une longueur représentant environ 1/8 de tour et, finalement, le péristome se réfléchit brusquement vers l'extérieur. Toute cette portion terminale de la coquille est fortement épaissie. Enfin, dans les parties molles, dont le poids total reste stationnaire, l'appareil génital continue à croître aux dépens des autres organes et la dysharmonie du flagellum et du diverticule s'accroît. La phase adulte, qui se poursuit lorsque le poids total, ayant atteint sa valeur définitive, reste stationnaire, correspond à la reproduction et à la ponte.

Ainsi les *phases de croissance*, caractérisées chacune par un taux de croissance particulier du corps ou des parties molles, indiquent des états physiologiques successifs de l'organisme, qui sont en corrélation avec des étapes importantes du développement de l'appareil génital (différenciation et accroissement dysharmonique du tractus génital, puberté, dysharmonie du flagellum et du diverticule de la poche copulatrice) et du développement de la coquille (vitesse de croissance de la coquille par rapport aux parties molles, mode d'enroulement de la coquille).

A 15^h 45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 30^m.

L. B.

(2) Cf. M. ABELOOS, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 38; 216, 1943, p. 90; 217, 1943, p. 159.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MARS 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 4 avril au lieu du lundi 2.

M. **LOUIS DE BROGLIE** dépose sur le Bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an 1945* publié par le BUREAU DES LONGITUDES.

M. **LOUIS DE BROGLIE** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Ondes, Corpuscules, Mécanique ondulatoire*, qu'il vient de publier dans la Collection *Sciences d'aujourd'hui*.

Notice nécrologique sur le Docteur JULES RICHARD,
par M. **GEORGES DURAND-VIEL**.

Le Docteur **JULES RICHARD**, Directeur du Musée Océanographique de Monaco, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Géographie et Navigation, est décédé à Monaco au mois de janvier dernier à l'âge de 81 ans. Né à Issingeaux, en 1863, d'une famille militaire, il débuta dans l'Université en 1887, acquit les grades de Docteur ès sciences en 1891, de Docteur en médecine en 1900.

Après avoir été préparateur d'Alphonse Milne-Edwards à l'École pratique des Hautes Études et d'Edmond Perrier au Muséum d'Histoire naturelle, il fut choisi par le Prince Albert I^{er} de Monaco, Associé étranger de l'Académie des Sciences, comme un de ses collaborateurs. Il participa à ce titre à 25 des 28 campagnes du Prince, et était chargé à bord des travaux zoologiques. Il devint directeur du Cabinet scientifique du Prince, puis directeur du Musée Océanographique de Monaco, dont il dirigea l'installation dans tous ses détails et auquel il sut donner ce développement magnifique qui lui a valu la réputation universelle d'être un des joyaux scientifiques du monde.

L'œuvre originale du Dr Richard intéresse surtout l'océanographie biologique, en particulier l'étude des crustacés inférieurs. Mais, doué d'un esprit

d'invention remarquable, il réalisa des instruments ingénieux et pratiques, qui ont apporté une aide précieuse aux recherches océanographiques dans tous les domaines. Le plus connu de ces instruments, encore universellement employé, est la *Bouteille Richard*, qui permet de recueillir à toutes profondeurs des échantillons d'eau de mer. Il imagina avec le professeur Portier un appareil permettant de prendre aseptiquement de l'eau à toutes profondeurs pour les recherches bactériologiques. Avec un autre appareil, nouveau aussi, il démontra que la quantité des gaz dissous dans les grands fonds est indépendante de la pression.

Parmi ses publications, quelque 150 Notes ou Mémoires originaux, il convient de citer son livre *L'Océanographie*, paru en 1907, qui fut couronné par l'Académie des Sciences en 1908. Les croisières auxquelles le Dr Richard a pris part de 1888 à 1915 ont eu lieu surtout dans l'Atlantique septentrional. Elles lui ont permis d'atteindre la latitude de 80°37' N. au Nord du Spitzberg, latitude que deux Français seulement ont dépassée, le capitaine de vaisseau Pagès en 1776, et le docteur Octave Pavy en 1882.

De 1907 à 1914, avec l'aide de ses collaborateurs Sirvensk et Oxner, le Dr Richard a entrepris une étude océanographique systématique de la région qui va de la frontière italienne au cap d'Antibes; il en a dressé la carte bathymétrique et bathylithologique.

Le Dr Richard fit installer, au Musée de Monaco, une pompe à eau de mer utilisant la houle comme force motrice. Cette pompe, qui contribue à alimenter en eau de mer les bacs de l'aquarium du Musée, fonctionne depuis plusieurs années et c'est un des rares appareils en service utilisant la force de la houle.

Il faut citer aussi les expériences de Richard sur l'évaporation de l'eau de mer et sur sa condensation sur des châssis vitrés : des appareils ont été installés au Musée, démontrant qu'on peut ainsi recueillir chaque jour une quantité notable d'eau potable, et l'on sait que ce procédé a été employé dans quelques-unes de nos colonies pour distiller sans frais des eaux saumâtres.

Richard a dirigé personnellement deux grandes publications scientifiques : la grande publication intitulée *Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert I^{er}, Prince souverain de Monaco*, qui comprend plus de 100 fascicules et qui a pu être justement qualifiée la plus belle publication scientifique qui ait jamais paru; le *Bulletin de l'Institut océanographique*, qui comprenait à la mort de Richard 875 fascicules, réunis en 41 volumes.

Par son testament, et par les donations qu'il a faites antérieurement, Richard a laissé la plus grande partie de sa fortune à l'Académie des Sciences, afin que celle-ci l'emploie à favoriser les recherches océanographiques. Ainsi Richard, après avoir été pendant près de 60 ans un éminent serviteur de la Science, en est devenu désormais un bienfaiteur.

BOTANIQUE COLONIALE. — *Sur la culture au Soudan français du Karité ou Arbre à beurre (Butyrospermum Parkii) et de l'Arbre à Kapok ou Boumou (Bombax angulicarpa).* Note de M. AUGUSTE CHEVALIER.

Nous avons pu établir que l'Afrique noire occidentale était le centre d'origine d'un assez grand nombre de plantes alimentaires cultivées (Sorgho, Pénicillaire, Riz africain, Dolique dit *de Chine*, Coleus divers, *Hibiscus Sabdariffa* et *H. esculentus*, *Digitaria exilis*, *Polygala butyracea*, *Dioscorea cayenensis*, *Sphenostyles stenocarpa*, *Kerstingiella geocarpa* etc.); certaines plantes cultivées aujourd'hui dans le monde entier, comme le Melon et la Pastèque, vivent encore à l'état sauvage sur les confins du Sahara et du Soudan. On peut admettre que la culture de ces plantes a débuté dans ces régions il y a quelques millénaires. Mais toutes ces plantes et beaucoup d'autres que cultivaient les Noirs en Afrique avant l'arrivée des Blancs, sont exclusivement des plantes herbacées. Non seulement l'arboriculture était ignorée des peuplades noires avant notre arrivée, mais la coutume et les rites interdisaient la plantation d'arbres. Un dicton répandu depuis le Soudan jusqu'au Pays Bantous de la forêt, prétend que celui qui plante un arbre fruitier doit mourir sitôt que celui-ci commence à rapporter; aussi des arbres d'une grande utilité comme les Kolatiers, les Nétés ou *Parkia*, le Baobab, les Tamariniers, le *Treculia* ou arbre à pain d'Afrique etc. ne sont jamais plantés. Quand une graine s'ensemence d'elle-même, on respecte et on laisse croître le jeune arbre qui en provient; lorsqu'on pratique des défrichements on conserve aussi quelques arbres utiles; on leur donne même parfois des soins, mais il était d'usage autrefois de ne jamais ensemençer volontairement un arbre. Sous l'influence des Européens, les Noirs renoncent peu à peu à la tradition ancienne et il n'est plus rare de voir aujourd'hui autour des villages des arbres fruitiers plantés. Toutefois la pratique de l'arboriculture en Afrique (sauf pour les plantations de café et de cacao) est encore inexistante ou rudimentaire chez les Noirs.

Il existe au Soudan français deux arbres spontanés, mais non cultivés encore, qui semblent d'une importance capitale en raison des produits qu'ils pourront fournir en masse dès qu'ils auront été améliorés et dont il faudrait répandre la culture en grand chez les Africains le plus rapidement possible. Ces arbres sont le Karité et le Kapoquier soudanais. Au moment où notre Gouvernement proclame que le progrès de la vie indigène sera désormais à la base de notre politique coloniale africaine (Conférence de Brazzaville, janvier 1945), il nous semble que rien n'est plus urgent que d'améliorer l'agriculture indigène, et, dans les régions où le sol se détériore rapidement, ainsi que cela se voit dans la zone soudanaise, il est nécessaire de développer l'arboriculture et d'apprendre aux Noirs à créer des vergers de rapport, jugulant ainsi l'érosion.

Dès après notre premier voyage au Soudan remontant à 47 ans, j'ai fait

connaître l'intérêt que présenterait la culture du Karité et du Kapoquier dans la région nigérienne.

Vers 1905-1910, M. J. Vuillet, alors chef du Service agricole du Soudan, tenta, dans un Jardin d'essai situé près Koulicoro (aujourd'hui Katibougou), des expériences en vue de faire cultiver ces arbres.

J'ai revu dernièrement quelques plants qu'il avait ensemencés, il y a environ 40 ans et qui se trouvent dans les terrains annexés à l'École d'Agriculture de Katibougou. Ce sont de beaux arbres adultes qui, depuis longtemps, se couvrent chaque année (certains présentent aussi de l'alternat) de fleurs et de fruits. Les rendements sont en général peu élevés, parce que ce sont des arbres tout venant qui n'ont pas été sélectionnés, mais ils présentent une vigueur en général plus grande que les exemplaires vivant à l'état sauvage dans la brousse. Sélectionner ces deux essences, obtenir des variétés riches en produits et à hauts rendements est pour nous une tâche très urgente. En attendant que cette sélection ait donné des résultats, on peut déjà faire commencer la culture aux Soudanais en distribuant des graines récoltées, sous la surveillance d'Européens, sur les sujets donnant déjà les meilleurs produits. On connaît déjà pour le Karité et pour le Kapoquier d'assez nombreuses variétés, mais la valeur économique de chacune n'a pas encore été établie. On en est pour ces plantes à la phase où l'on se trouvait pour le Palmier à huile quand en 1910 nous avons fait connaître nos observations et demandé sa mise en culture et sa sélection. On sait les progrès réalisés en moins de 30 ans d'efforts.

Pour le Karité et le Kapoquier soudanais le problème à résoudre est tout aussi important et il pourra avoir une portée encore plus grande pour la conservation des sols.

Nous avons publié récemment une monographie du Karité ⁽¹⁾, qui nous dispense de revenir sur les variétés déjà connues du *Butyrospermum Parkii* et sur leur amélioration.

Dans une prochaine Note nous nous occuperons de l'Arbre à Kapok du Soudan.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le phénomène de la marque tournante.*

Note de M. ARMAND DE GRAMONT.

Si un repère mobile se déplace suivant une ligne horizontale devant les yeux d'un observateur, ce repère ne sera correctement situé en vision stéréoscopique que si les vitesses de perception sont les mêmes pour les deux yeux.

Un verre fumé placé devant l'un des yeux augmente le temps qui s'écoule entre l'excitation de la rétine et la perception de la sensation, en sorte que la marque mobile se trouve localisée en arrière ou en avant de son plan véritable

(¹) *Rev. Bot. App.*, nos 260, 261, 262, 1943, pp. 100-120.

selon le sens de son déplacement. Si le repère mobile est soumis à un mouvement alternatif, qui peut être obtenu au moyen d'un pendule ou d'un métro-
nome, il semble à l'observateur qu'il décrive une trajectoire elliptique et le déplacement en profondeur du mobile, qui figure le petit axe de l'ellipse, varie avec sa vitesse angulaire et avec la densité du verre interposé. Cette illusion est habituellement qualifiée de phénomène de la *marque tournante* ou du *pendule tournant*.

Ce dispositif est commode chaque fois qu'il s'agit d'étudier la variation des réactions oculaires dans différentes circonstances. Il permet, non de mesurer un retard, mais de le déceler et, de plus, d'égaliser les retards dus à des causes différentes : c'est ainsi qu'avec M. Henri Piéron nous avons pu constater, en 1942, que des écrans polarisants n'apportaient aucun retard quand on les comparait à des écrans de couleur et de densité analogues.

La méthode est très sensible quand le sujet est doué d'une bonne acuité stéréoscopique : si le mobile oscillant est observé d'une façon dissymétrique, c'est-à-dire en tournant la tête de façon à éloigner l'un des deux yeux, la vitesse de déplacement de l'image sur la rétine se trouve augmentée pour l'œil qui est le plus rapproché du mobile; nous avons ainsi constaté que cette différence de vitesse suffit à produire l'effet de la marque tournante si le déplacement angulaire du mobile est suffisamment rapide.

Nous avons pu, d'autre part, apporter une confirmation indirecte à nos expériences antérieures sur la vitesse de perception des signaux lumineux à contraste constant sur un fond de brillance variable⁽¹⁾; nous avons constaté que la réponse était d'autant plus rapide que l'éclairement de la rétine était plus intense, ce qui était conforme à l'hypothèse que nous avons émise.

Si l'on fait l'expérience de la marque tournante en éclairant latéralement un des yeux et en laissant l'autre dans l'ombre, on constate le même aspect de rotation qu'en interposant un écran absorbant sur l'œil opposé, d'où la double conclusion :

- a. l'influence de la lumière ambiante sur l'œil est individuelle; les deux yeux peuvent être en états de réceptivité différents;
- b. l'éclairement direct de la rétine n'est pas nécessaire pour déterminer l'accélération des perceptions que nous avons précédemment mesurée; on peut d'ailleurs produire le phénomène en dirigeant sur la sclérotique ou même sur la paupière un mince pinceau de lumière dirigée.

L'action de la lumière latérale est très rapide : il suffit d'interposer un écran du côté du faisceau incident pour faire cesser immédiatement le phénomène.

(1) *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 36, IV, 1938, p. 1016.

HYDRAULIQUE. — *Note sur l'orientation des veines liquides en régime transitoire.*

Note de MM. CHARLES CAMICHEL et CHARLES BORY.

Nous avons étudié ⁽¹⁾ l'orientation des veines liquides en régime permanent et les actions, telles que celles des fils, qui peuvent provoquer cette orientation. Nous allons envisager le cas des régimes transitoires, qui a une portée beaucoup plus générale. Dans les expériences dont nous parlons aujourd'hui, une veine liquide horizontale, sortant d'un tube T de section droite rectangulaire, débouche dans une conduite également rectangulaire T', ayant la même hauteur, munie d'un robinet R à l'aval, l'ajutage ainsi formé ayant un plan de symétrie imparfaitement réalisé. Le liquide employé est l'eau. L'ouverture du robinet R étant effectuée dans un temps très court, on observe un phénomène bien connu, le tourbillon du front de la veine comportant à droite et à gauche deux enroulements R_d et R_g , et les tourbillons fixes qui prennent naissance de part et d'autre de la veine.

C'est ce tourbillon du front de la veine qui intervient dans l'orientation de celle-ci. Lorsque l'un des enroulements R_d ou R_g est altéré par exemple par un fil vertical de diamètre suffisant, la veine est déviée dans la direction de l'enroulement intact ou moins altéré. Le rôle de ce tourbillon est mis en évidence par des expériences telles que celles-ci :

Le fil est disposé de façon à orienter la veine dans la direction artificielle.

1° Dans une première série d'expériences, le fil est mis en place t secondes après l'ouverture du robinet. Si l'on donne à t des valeurs croissantes, on constate qu'il existe un temps t_1 tel que, si $t < t_1$, la répulsion de la veine se produit, alors qu'elle ne se produit plus pour $t > t_1$.

2° Dans une autre série d'expériences, on met le fil en place avant l'ouverture du robinet, et on le retire t secondes après l'ouverture, on constate qu'il existe un temps t'_1 tel que, si $t < t'_1$ la répulsion de la veine ne se produit pas, alors qu'elle a lieu pour $t > t'_1$.

L'intervalle de temps $t'_1 - t_1$ correspond au passage du tourbillon en regard du fil. Par exemple, dans un ajutage comprenant un tube T de $2^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}}$ de section et un tube aval T' de $10^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}}$ de section et $1^{\text{m}},50$ de longueur, nous avons obtenu, pour un nombre de Reynolds $R = 530$, calculé en prenant comme élément linéaire la largeur du tube T,

$$t_1 = 6 \text{ sec.}, \quad t'_1 = 14 \text{ sec.}$$

Le fil, ayant 3^{mm} de diamètre et glissant suivant son axe, était disposé à 36^{mm} de la paroi et à 100^{mm} de l'orifice aval du tube T.

L'action du fil sur le tourbillon, qui provoque l'orientation de la veine, se

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 816.

produit entre les époques t_1 et t'_1 . Effectivement, nous avons obtenu la répulsion de la veine en faisant agir le fil pendant les 8 secondes qui séparent les instants t_1 et t'_1 , alors que l'établissement du régime permanent d'orientation de la veine correspond à une durée de l'ordre de 4 minutes, pendant lesquelles se forment les tourbillons fixes qui entourent la veine.

Des observations de même nature ont été faites, dans le même ajutage, avec des tiges de 6^{mm} et des fils de 1^{mm}, 2 de diamètre pivotant autour d'un axe situé contre la paroi et dans un canal rectiligne, à surface libre, ayant 15^{cm} \times 15^{cm} de section droite, et dont on faisait varier la dissymétrie au moyen de plaques d'épaisseurs de 1 à 2^{cm} placées contre l'une des parois latérales.

Comme application du rôle du tourbillon du front de la veine on peut citer les phénomènes d'inversion d'orientation de celle-ci qui se produisent, en l'absence d'obstacles, sous l'influence du mode d'ouverture du robinet aval et de la dissymétrie de l'ajutage, qui altère un des enroulements plus que l'autre. C'est ainsi que, dans le canal rectiligne à surface libre ayant comme section 15^{cm} \times 15^{cm}, muni d'un barrage normal à l'axe percé d'une fente verticale de 2^{cm} de largeur, la dissymétrie étant créée par une plaque de 1^{cm} d'épaisseur placée contre une des parois latérales, une ouverture lente et continue du robinet aval qui commande l'écoulement provoque l'orientation naturelle de la veine, tandis qu'une ouverture brusque, produit l'orientation artificielle. On vérifie que l'orientation ainsi obtenue est bien l'orientation artificielle, en diminuant le débit et constatant que la veine revient dans la position opposée, qui correspond à l'orientation naturelle. Ces retours de la veine, au-dessous d'un certain nombre de Reynolds, à la position d'orientation naturelle, dont nous avons déjà signalé l'existence, se produisent à la suite d'une lente transformation des tourbillons fixes accompagnée d'oscillations de grande période de la veine.

Les mêmes phénomènes ont été observés dans le petit ajutage en charge mentionné dans la Note précédente⁽¹⁾.

NOMINATIONS.

Le **PRÉSIDENT DE LA FONDATION CARNEGIE** invite l'Académie à désigner un de ses Membres, qui fera partie de la Commission administrative de cette Fondation, en remplacement de M. *Émile Picard*, décédé.

M. **GEORGES DURAND-VIEL** est désigné.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **J. CHAZY**, **J. PÉRÈS** pour la Division des Sciences mathématiques; **CH. JACOB**, **R. COURRIER** pour la Division des Sciences physiques; **L. CUÉNOT**, **CH. CAMICHEL** pour la Section des Membres

non résidants sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera la liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Paul Sabatier*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Paris, pour la première ligne, M. *André Danjon* obtient 32 suffrages contre 2 à M. *Bernard Lyot*.

Pour la seconde ligne, M. *Armand Lambert* obtient 32 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne M. **ANDRÉ DANJON**.
En seconde ligne M. **ARMAND LAMBERT**.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Projet d'un Sanatorium universitaire international à Leysin (Suisse)*, présenté par le COMITÉ D'ACTION.

2° **LOUIS TAVERNIER** et **CH. GODINOT**. *Traitement chirurgical de l'arthrite sèche de la hanche, suivi de travaux de la clinique orthopédique de la Faculté de Lyon*.

M. **THÉODORE MONOD** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le mouvement brownien dépendant de plusieurs paramètres*. Note de M. **PAUL LÉVY**, présentée par M. Émile Borel.

1. *Lemme* (la démonstration de ce lemme est due à M. Laurent Schwartz). — Soit, dans l'espace euclidien \mathcal{E}_p à p dimensions, une distribution de masses (μ) ; $r(A, B)$ désignant la distance de deux points A et B , on a toujours

$$(1) \quad \iint [r(0, x) + r(0, y) - r(x, y)] d\mu(x) d\mu(y) \geq 0 \quad (1).$$

2. *Définition*. — La fonction $X(A)$ du mouvement brownien à p paramètres est une fonction aléatoire du point A de \mathcal{E}_p telle que : 1° $X(A) - X(B) = \xi \sqrt{r(A, B)}$,

(1) Le résultat subsiste si l'on remplace r par r^α ($0 \leq \alpha \leq 1$).

ξ désignant une variable laplacienne réduite; 2° les n différences

$$X(A_\nu) - X(O), (\nu = 1, 2, \dots, n)$$

dépendent toujours d'une loi de Laplace à n variables. On peut achever de déterminer la nature de $X(A)$ par la condition $X(O) = 0$.

Compatibilité des conditions précédentes. — Il suffit de montrer qu'à n points A_ν de \mathcal{E}_p on peut toujours faire correspondre, dans \mathcal{E}_{n-1} , n points a_ν tels que

$$(2) \quad r^2(a_h, a_k) = r(A_h, A_k) \quad (h, k = 1, 2, \dots, n).$$

Cela se ramène à montrer que la forme

$$(3) \quad \Sigma [r(O, A_k) + r(O, A_k) - r(A_h, A_k)] x_h x_k$$

est non négative. C'est un cas particulier du lemme ci-dessus (la valeur zéro est même exclue, si les x_h ne sont pas tous nuls, ce qui indique que $n+1$ points a_k ne sont jamais dans un même \mathcal{E}_{n-1}).

Si, tenant compte de la loi de probabilité ainsi définie, on détermine successivement les valeurs de $X(A)$ pour les points d'un ensemble partout dense, il y a une probabilité unité que ces valeurs définissent une fonction continue dans \mathcal{E}_p .

3. *La valeur de $X(A)$ au centre d'une sphère.* — Si la fonction $X(A)$ est connue sur la surface Σ d'une sphère de centre A_0 et de rayon R , $X(A_0)$ prend la forme $\mu + \sigma_p \xi \sqrt{R}$, μ désignant la moyenne des valeurs données sur Σ , ξ étant une variable laplacienne réduite, et σ_p étant la moyenne de $1 - \cos \lambda$ (λ latitude) sur la sphère. Pour une sphère de rayon donné, la part du hasard est donc d'autant plus petite que p est plus grand; pour p infini, σ_p est un infiniment petit équivalent à $1/2p$.

Dans l'espace de Hilbert \mathcal{E}_ω , $X(A_0) = \mu$, c'est-à-dire que $X(A)$ est une fonction harmonique. Quoiqu'elle soit partout discontinue, il ne semble pas douteux qu'on puisse lui appliquer tous les résultats sur les fonctions harmoniques dans \mathcal{E}_ω que nous avons établis autrefois⁽²⁾; en particulier les hypersurfaces $X(A) = \text{const.}$ sont minima, et la solution du problème de Dirichlet relatif à une surface fermée ou presque fermée devient élémentaire. A l'intérieur d'une telle surface, la part du hasard disparaît si la fonction est connue sur la surface.

4. *Cas du plan.* — Nous nous limiterons à ce cas pour établir un résultat important; une fois qu'il est établi dans ce cas, la généralisation est immédiate.

Si $X(A) = X(x, y)$ est connu sur l'axe des x [$X(x, 0) = f(x)$], $X(0, y) = X_1$ et $X(0, -y) = X_2$ deviennent des variables aléatoires de la forme

$$X_1 = \mu + \sigma \xi, \quad X_2 = \mu + \sigma \eta,$$

(2) P. LÉVY, *Leçons d'analyse fonctionnelle*, Paris, 1922, pp. 375-435.

avec

$$(4) \quad \mu = f(0) + \frac{y^2}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(x) dx}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad \sigma^2 = \frac{\pi}{4} |y|,$$

ξ et η étant des variables laplaciennes réduites. Elles sont indépendantes des valeurs données $f(x)$, mais ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. Il y a entre elles une corrélation négative, définie par

$$(5) \quad E\{\xi\eta\} = -E\{\mu^2\} = -\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) |y| = E\{\xi\} E\{\eta\} - \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) |y|.$$

Dans le cas du mouvement brownien à un paramètre t , qu'on peut supposer être le temps, la connaissance de la valeur actuelle $X(t)$ rend à chaque instant le passé et l'avenir stochastiquement indépendants l'un de l'autre. On aurait pu croire que, de la même manière, dans le mouvement brownien à deux paramètres, la connaissance de $X(A)$ sur une droite ou sur n'importe quelle ligne séparant le plan en deux régions S_1 et S_2 rendrait les valeurs de la fonction $X(A)$ dans S_1 indépendantes de ses valeurs dans S_2 . On voit qu'il n'en est rien.

Il semble que, plus généralement, cette condition d'indépendance ne puisse pas être réalisée pour une fonction aléatoire d'un point du plan, en dehors du cas de processus dégénérés, comme celui où il existerait une famille de courbes C telles qu'il n'y ait de corrélation qu'entre les points d'une même courbe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'évaluation de certaines intégrales définies.*

Note (1) de M. L. THIELEMANS, présentée par M. Joseph Bethenod.

Je considère l'intégrale d'ordre n (n entier et positif)

$$(1) \quad I_n = \int_l \frac{f(a_1 t, a_2 t, \dots, a_n t) dt}{t^n} \quad (\text{les } a_i \text{ réels})$$

prise le long d'un chemin l indépendant des paramètres a_i . Je suppose que cette intégrale ait un sens et que soient remplies les conditions relatives à la légitimité de la dérivation sous le signe \int pour l'ensemble des paramètres a_i .

L'intégration par parties donne

$$(2) \quad I_n = \frac{n-1}{1} \left[\frac{f}{t^{n-1}} \right]_l + \frac{1}{n-1} \int_l \frac{df}{dt} \frac{dt}{t^{n-1}};$$

or

$$(3) \quad \frac{df}{dt} = a_1 \frac{\partial f}{\partial(a_1 t)} + a_2 \frac{\partial f}{\partial(a_2 t)} + \dots = (a \nabla) f = f_1(\dots, a_i t, \dots).$$

(1) Séance du 19 janvier 1944.

$(a\nabla)$ désignant l'opérateur différentiel linéaire

$$(4) \quad \sum_{i=1}^m a_i \frac{\partial}{\partial (a_i t)}.$$

On est ramené à l'évaluation d'une intégrale d'ordre $n-1$ à laquelle, si les conditions nécessaires sont remplies, on peut appliquer le même procédé qu'à I_n , soit

$$(5) \quad I_{n-1} = -\frac{n-2}{1} \left[\frac{(a\nabla)f}{t^{n-2}} \right]_l + \frac{1}{n-2} \int_l \frac{df_1}{dt} \frac{dt}{t^{n-2}}$$

avec

$$\frac{df_1}{dt} = (a\nabla)^2 f = f_2(\dots, a_i t, \dots),$$

et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on aboutisse à des résultats connus. Si je suppose que ces résultats concernent les intégrales d'ordre 1, j'obtiens la formule

$$(6) \quad I_n = \frac{-1}{n-1} \left[\frac{f}{t^{n-1}} \right]_l - \frac{1}{(n-1)(n-2)} \left[\frac{(a\nabla)f}{t^{n-2}} \right]_l - \frac{1}{(n-1)(n-2)(n-3)} \left[\frac{(a\nabla)^2 f}{t^{n-3}} \right]_l \\ - \frac{1}{(n-1)!} \left[\frac{(a\nabla)^{n-2} f}{t} \right]_l + \frac{1}{(n-1)!} \int_l \frac{(a\nabla)^{n-1} f}{t} dt.$$

Application. — Des intégrales du type précédent se rencontrent, notamment sous forme d'intégrales de Fourier, dans l'étude de certains problèmes de distribution de chaleur ou de répartition des champs magnétiques.

C'est en utilisant la méthode précédente que j'ai calculé les intégrales de cette espèce qui figurent dans le Mémoire original de M. Ed. Roth, *Champ magnétique et inductance d'un système de barres rectangulaires parallèles*.

L'intégrale du troisième ordre

$$(7) \quad I(x, y, a, b) = \int_0^\infty \frac{\sin yt \sin bt \operatorname{sh} at e^{-xt} dt}{t^3} \quad (x \geq a > 0),$$

prise sur la partie positive de l'axe de t est d'un type analogue.

La fonction $f(xt, yt, at, bt)$ présente un zéro triple à l'origine et s'annule à l'infini.

On vérifie que les crochets s'annulent et que les intégrales du premier ordre auquel on est conduit se ramènent, par des changements faciles de variables, aux deux types

$$\int_0^\infty \frac{\sin t}{t} (1 - e^{-\lambda t}) dt = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \lambda$$

et

$$\int_0^\infty \frac{1 - \cos t}{t} e^{-\lambda t} dt = L \frac{\sqrt{1 + \lambda^2}}{\lambda} \quad (L, \text{ logarithme népérien}).$$

La solution développée peut s'écrire sous la forme

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} I(x, y, a, b) = & \frac{1}{4} \left\{ [(x-a)^2 - (y-b)^2] L\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2} \right. \\ & + 2(x-a)(y-b) \arctang \frac{y-b}{x-a} \\ & - [(x-a)^2 - (y+b)^2] L\sqrt{(x-a)^2 + (y+b)^2} \\ & + 2(x-a)(y+b) \arctang \frac{y+b}{x-a} \\ & + [(x+a)^2 - (y+b)^2] L\sqrt{(x+a)^2 + (y+b)^2} \\ & + 2(x+a)(y+b) \arctang \frac{y+b}{x+a} \\ & - [(x+a)^2 - (y-b)^2] L\sqrt{(x+a)^2 + (y-b)^2} \\ & \left. + 2(x+a)(y-b) \arctang \frac{y-b}{x+a} \right\} \\ & (x \geq a > 0). \end{aligned} \right.$$

C'est une *fonction harmonique* de x et de y , ainsi qu'on pouvait le prévoir.

En effet la quantité à intégrer sous le signe \int dans (7) est la *partie réelle* de la fonction analytique en z

$$(9) \quad i \frac{(e^{-zt} - e^{-kt}) \sin bt \operatorname{sh} at}{t^2},$$

où

$$z = x + iy \quad \text{avec} \quad x \geq a > 0 \quad \text{et} \quad k \geq a \quad (i^2 + 1 = 0).$$

L'intégration de (9) peut se faire par la méthode indiquée, bien que z soit complexe, la *partie réelle* x de z restant positive et au moins égale à a . On obtiendra comme résultat :

$$(10) \quad \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{4} \left\{ [z - (a + ib)]^2 L[z - (a + ib)] - [z - (a - ib)]^2 L[z - (a - ib)] \right. \\ & \quad \left. + [z + (a + ib)]^2 L[z + (a + ib)] - [z + (a - ib)]^2 L[z + (a - ib)] \right\} \\ & + \frac{1}{2} i \left\{ 2(k-a)b L\sqrt{(k-a)^2 + b^2} - [(k-a)^2 - b^2] \arctang \frac{b}{k-a} \right. \\ & \quad \left. + 2(k+a)b L\sqrt{(k+a)^2 + b^2} - [(k+a)^2 - b^2] \arctang \frac{b}{k+a} \right\}. \end{aligned} \right.$$

La dernière partie constante est *purement imaginaire*; le paramètre k ne figure donc pas dans la partie réelle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème d'Ahlfors et son application à l'étude de la représentation conforme.* Note de M. JACQUES DUFRESNOY, présentée par M. Paul Montel.

Dans l'étude de la représentation conforme, M. Ostrowski a donné ⁽¹⁾ une condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait semi-conformité en un point

(1) *Prace matematyczno-fizyczne*, 44, 1936, pp. 371-471.

frontière. Supposant celle-ci satisfaite, nous allons chercher une condition suffisante pour que la représentation soit conforme en ce point.

Par une transformation simple et bien connue, on est ramené au cas d'un domaine simplement connexe G du plan de la variable $z = x + iy$, représenté conformément sur la bande $|\varphi| < a/2$ du plan de la variable $w = u + i\varphi$, la représentation faisant correspondre $u = +\infty$ au point frontière accessible $x = +\infty$ du domaine G . Le domaine G contient la demi-bande $|y| < (a/2) - \varepsilon$, $x > x_0$ si petit que soit $\varepsilon > 0$ pourvu que x_0 soit assez grand, tandis qu'il existe, d'une part, une suite de points $z'_n = x'_n + iy'_n$ appartenant à la frontière de G et tels que $x'_n \rightarrow +\infty$ avec $x'_{n+1}/x'_n \rightarrow 1$ et $y'_n \rightarrow a/2$ et, d'autre part, une suite de points $z''_n = x''_n + iy''_n$ appartenant à cette même frontière et tels que $x''_n \rightarrow +\infty$ avec $x''_{n+1}/x''_n \rightarrow 1$ et $y''_n \rightarrow -a/2$. Dans ces conditions, on sait que la représentation est telle que $y - \varphi \rightarrow 0$ quand $w \rightarrow +\infty$ en restant intérieur à la bande $|\varphi| < (a/2) - \varepsilon$ (semi-conformité). Il y aura conformité si $x - u \rightarrow \text{const.}$ dans les mêmes conditions.

Nous utiliserons deux importants théorèmes d'Ahlfors ⁽²⁾, que nous allons compléter.

Sur toute droite $\mathcal{R}z = x$, il y a une transversale Θ_x du domaine G qui rencontre l'axe réel; soit $\theta(x)$ sa longueur. A la transversale Θ_x de G correspond une transversale L_x de la bande. Soient $u_1(x)$ et $u_2(x)$ les abscisses minima et maxima de L_x . M. Ahlfors a montré que, si x_1 et x_2 ($x_1 < x_2$) sont tels que

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{\theta(x)} < 2,$$

on a

$$(1) \quad u_1(x_2) - u_2(x_1) \geq a \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{\theta(x)} - 4a.$$

En reprenant la démonstration de l'auteur et en utilisant le premier théorème d'Ostrowski sur les plis, on voit que les constantes 2 et $4a$, qui figurent dans ces inégalités, peuvent être remplacées par des quantités qui dépendent de x_1 et tendent vers zéro quand x_1 tend vers $+\infty$.

Le second théorème d'Ahlfors suppose que le domaine G est symétrique par rapport à l'axe réel; nous allons voir que cette condition est superflue. Désignant par $y_1(x)$ et $y_2(x)$ les ordonnées des extrémités de Θ_x , de sorte que $\theta(x) = y_2(x) - y_1(x)$, nous supposons que $y_1(x)$ et $y_2(x)$ sont à variation bornée, tandis que $\theta(x)$ reste inférieur à un nombre fixe L . A la sécante $\mathcal{R}w = u$ de la bande, correspond une sécante $\overline{\Theta}_u$ du domaine G^* balayé par Θ_x .

⁽²⁾ *Acta societatis scientiarum fennicae*, 1, ix, 1930. M^{lle} J. Ferrand (*Comptes rendus*, 219, 1944, p. 507) a apporté une précision intéressante au premier théorème d'Ahlfors.

(domaine sans *plis*); soit $\bar{\theta}(u)$ la longueur de cette sécante. Désignons par $x_1(u)$ et $x_2(u)$ les abscisses minima et maxima des points de $\bar{\Theta}_u$ et par $x(u)$ l'abscisse du point (unique pour u assez grand) en lequel $\bar{\Theta}_u$ coupe l'axe réel. En tenant compte de $x_2(u) - x_1(u) < 4L$, conséquence de (1), on montre que, pour $u_1 < u_2$, on a

$$\int_{x(u_1)}^{x(u_2)} \theta(x) dx \geq \frac{1}{a} \int_{u_1}^{u_2} \bar{\theta}^2(u) du - 8L^2.$$

En désignant par $\bar{\theta}(x)$ la longueur minima des transversales du domaine G qui passent par le point $z = x$ et en posant $dt = [dx/\bar{\theta}(x)] - (du/a)$, il vient

$$\int_{u_1}^{u_2} \bar{\theta}^2[x(u)] dt \geq -8L^2 - \int_{x(u_1)}^{x(u_2)} [\theta(x) - \bar{\theta}(x)] dx,$$

qui entraîne

$$\int_{u_1}^{u_2} \bar{\theta}^2[x(u)] dt \geq -8L^2 - 8LV_1[x(u_1) - 4L, x(u_2) + 4L],$$

où V_1 représente la somme des variations de $y_1(x)$ et $y_2(x)$ dans l'intervalle indiqué entre crochets. En suivant à très peu près la méthode d'Ahlfors, on parvient à

$$(2) \quad u_2(x_2) - u_1(x_1) \leq a \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{\theta(x)} + 8a + 16aL^2 \frac{V_2 + \theta_m^2}{\theta_m^4} + 16aL \frac{V_1}{\theta_m^4},$$

où V_2 est la variation de la fonction $\bar{\theta}^2(x)$ dans l'intervalle $(x_1 - 4L, x_2 + 4L)$ et θ_m le minimum de $\theta(x)$ dans ce même intervalle.

La remarque faite pour l'inégalité (1) a pour conséquence de permettre, dans le second membre de (2), le remplacement des constantes $8a$, $16aL^2$, $16aL$ par des quantités qui dépendent de x_1 et tendent vers zéro lorsque x_1 tend vers $+\infty$. D'autre part l'inégalité (2) est encore valable si, pour le calcul du second membre, on remplace le domaine G par un domaine qui lui est intérieur.

Des inégalités (1) et (2) on déduit immédiatement :

THÉORÈME. — Si $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\theta(x) - \pi}{\theta(x)} dx$ est convergente et si l'on peut trouver deux fonctions $y_1^*(x)$ et $y_2^*(x)$ satisfaisant à $y_1 \leq y_1^* < y_2^* \leq y_2$ telles que y_1^* et y_2^* soient à variation bornée dans $x_0 < x < +\infty$ et que $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\pi - \theta^*(x)}{\theta^*(x)} dx$ soit convergente avec $\theta^*(x) = y_2^* - y_1^*$, la représentation est conforme ⁽³⁾.

Voici deux exemples de domaines qui ne peuvent être étudiés par les critères connus et pour lesquels notre théorème assure la conformité :

(³) Il suffit que les conditions précédentes soient vérifiées pour un domaine intérieur à G et qui appartienne au type de ceux introduits par M^{lle} Ferrand dans sa Note citée.

1° Domaine limité par les courbes $y = \pm f(x)$, avec

$$f(x) = \frac{\frac{a}{2}}{1 + \frac{(-1)^n}{n^2}} \quad \text{pour } n^2 < x < (n+1)^2;$$

2° Domaine limité par les courbes $y = (1/x) \pm (\pi/2)$.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Problème de la dérivée oblique dans la théorie du potentiel*. Note ⁽¹⁾ de M. **ALFRED LIÉNARD**.

J'ai montré en 1939 comment on pouvait, dans le problème plan des dérivées obliques dans la théorie du potentiel ⁽²⁾, associer, à toute équation à la frontière de la forme

$$\cos \varphi \frac{\partial V}{\partial x} + \sin \varphi \frac{\partial V}{\partial y} + c(M) V = f(M)$$

ou

$$(1) \quad \mathcal{F} V \equiv \frac{dV}{d\sigma} + c(M) V = f(M) \quad (M = p^t \text{ frontière}),$$

un second problème relatif au même domaine, mais avec des directions de dérivation $d\sigma'$ différentes et tel que la connaissance de solutions homogènes du second problème permette d'écrire des conditions de possibilité du premier problème de la forme

$$(2) \quad \int_{\text{front.}} f(M) F(M) dt = 0.$$

Dans le cas où $c(M)$ est nul, l'emploi des équations associées permet d'obtenir toutes les conditions de la forme (2) et, réciproquement, la connaissance d'une fonction $F(M)$ entrant dans une condition (2) entraîne celle d'une solution de l'équation homogène associée. Je vais montrer que les mêmes propriétés existent lorsque $c(M)$ n'est pas nul, ainsi que dans le cas de l'espace.

La théorie repose sur deux identités : l'une est l'identité de Green pour deux fonctions harmoniques ; la seconde identité se réduit à $\int_{\text{front.}} \frac{db}{ds} ds = 0$ dans le cas du plan [b = fonction arbitraire de l'arc frontière s] et à

$$\int_{\text{front.}} \text{div}_S \beta dS = 0$$

dans le cas de l'espace. $\text{Div}_S \beta$ est la divergence, sur la surface frontière S , d'un vecteur β tangent à S en chaque point { l'expression de $d_S \beta$ en calcul tensoriel est $(1/\sqrt{g}) [\partial(\sqrt{g} \beta^\mu)/\partial x^\mu]$ }.

⁽¹⁾ Séance du 4 janvier 1944.

⁽²⁾ *Journal de l'École Polytechnique*, 3^e série, 3, 1939, pp. 56-84.

Soient N et α des vecteurs unités menés en chaque point frontière dans la direction de la normale intérieure et dans la direction de dérivation; u l'angle de N et de α ; α_t la composante du vecteur α dans le plan tangent. Le premier membre de l'équation (1) peut s'écrire

$$\mathcal{F}V \equiv \cos u \frac{dV}{dM} + (\alpha_t \cdot \text{grad } V) + c(M)V.$$

Soient W une autre fonction harmonique et $\mathcal{R}W$ une fonction linéaire de W et de ses dérivées premières sur la frontière, de la forme

$$(3) \quad \mathcal{R}W \equiv \frac{dW}{d\sigma'} + c'(M)W = \cos u' \frac{dW}{dM} + (\sigma'_t \cdot \text{grad } W) + c'W;$$

il est possible de déterminer u' , α'_t et c' en fonction de u , α_t et c de manière à avoir identiquement

$$(4) \quad \int_{\text{front.}} \left[\mathcal{F}V \frac{W}{\cos u} - \mathcal{R}W \right] dS \equiv \int_{\text{front.}} \left[W \frac{dV}{dN} - V \frac{dW}{dM} + \text{div}_s \frac{\alpha_t VW}{\cos u} \right] ds,$$

il suffit pour cela de poser

$$(5) \quad u' = u, \quad \alpha'_t = -\alpha_t, \quad c' = c - \cos u \text{div}_s \left(\frac{\alpha_t}{\cos u} \right).$$

D'après (3) et (5) la direction de dérivation pour W est symétrique de celle de V par rapport à la normale.

Comme le second membre de (4) est nul en vertu des identités rappelées au début, l'équation (4) donne

$$\int_{\text{front.}} \left[\mathcal{F}V \frac{W}{\cos u} - \mathcal{R}W \right] dS = 0.$$

La relation a lieu à la seule condition que les fonctions V et W soient harmoniques. Prenons en particulier pour V une solution de l'équation (1) et pour W une solution de l'équation homogène $\mathcal{R}W = 0$. La relation devient

$$\int_{\text{front.}} f(M) \frac{W}{\cos u} dS = 0;$$

elle représente une condition à laquelle doit satisfaire le dernier membre de (1) pour que cette équation puisse admettre une solution. Réciproquement, si une fonction $F(M)$ est telle que (2) représente une condition de possibilité pour l'équation (1), la fonction harmonique W , égale sur la frontière à $F(M)\cos u$, satisfait à l'équation homogène $\mathcal{R}W = 0$.

On pourrait craindre que la présence de $\cos u$ en dénominateur dans le terme $c'W$ n'entraîne des difficultés ou impossibilités, car $\cos u$ s'annule aux points où la direction de dérivation vient à être tangente à la frontière. En réalité il n'en est rien, tout au moins si $\cos u$ ne s'annule qu'en des points distincts (problème plan) ou sur des lignes séparées (espace). W est seulement obligé à s'annuler en même temps que $\cos u$.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la pulvérisation des liquides visqueux.*

Note de M. GUY LITTAYE, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré ⁽¹⁾ qu'une goutte liquide de diamètre D émise à faible vitesse dans un courant gazeux de vitesse V doit se subdiviser en gouttes plus petites quand la vitesse V devient supérieure à la valeur fournie par la relation

$$(1) \quad \frac{\rho V^2 D}{T} = \text{const.},$$

où ρ est la masse spécifique du gaz et T la tension superficielle du liquide. Lorsqu'un jet liquide est soumis à un courant gazeux de vitesse V croissante, il se résout d'abord en gouttes sous l'action de la tension superficielle du liquide. Au-dessus d'une valeur V_1 de la vitesse, les grosses gouttes ainsi obtenues se subdivisent en gouttes beaucoup plus petites sous l'action du courant gazeux (pulvérisation). Le diamètre des gouttes obtenues ne cesse de décroître lorsque la vitesse de l'air augmente. Au-dessus d'une valeur V_2 on cesse de pouvoir distinguer les gouttes dans le jet; celui-ci se transforme en un brouillard de gouttes microscopiques (atomisation).

La relation (1) suppose que l'éclatement se produise en un temps assez long pour que la goutte ne soit pas entraînée de façon appréciable par le courant gazeux; sinon la vitesse absolue V doit évidemment être remplacée par la vitesse relative du gaz et du liquide: les valeurs de V_1 et de V_2 croîtraient avec la durée d'éclatement de la goutte. Nous avons montré ⁽²⁾ que la condition précédente est bien remplie pour un liquide mobile si l'on admet que la durée d'éclatement a pour ordre de grandeur la période d'oscillation de la goutte

$$(2) \quad \tau = A \sqrt{\frac{\rho' D^3}{T}},$$

où ρ' est la masse spécifique du liquide et A une constante.

Il peut ne plus en être de même pour un liquide visqueux, la période τ croissant avec la viscosité η du liquide. Un calcul simple d'analyse dimensionnelle montre que A est alors une fonction croissante du nombre sans dimension $\eta/\sqrt{\rho' DT}$. L'influence de la viscosité du liquide se fera donc d'autant plus sentir que le diamètre des gouttes sera plus petit; cette influence, qui tend à augmenter les valeurs de V_1 et de V_2 , doit donc s'observer d'abord sur le seuil d'atomisation.

Nous avons étudié comment varient V_1 et V_2 avec η en utilisant des liquides plus ou moins visqueux, mais de tensions superficielles et de masses spécifiques

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 99.

⁽²⁾ *Ibid.*, 217, 1943, p. 340.

voisines. Nous avons observé que *la vitesse au seuil d'atomisation croît avec la viscosité du liquide* (du simple au double lorsque η passe de 0,33 à 7,6 C. G. S.). Pour des valeurs de η inférieure à 0,1 C. G. S., l'influence de la viscosité sur le seuil de pulvérisation ne se fait pas sentir; lorsque η croît au delà de cette valeur, le mécanisme de la pulvérisation aux vitesses moyennes est complètement modifié; sous l'action du courant gazeux, le jet s'étire en filaments



Pulvérisation d'un solide visqueux.

Solution aqueuse de glycérine $\eta = 0,84$ C. G. S.; diamètre de l'orifice 1 mm, 10; vitesse de l'air 27 m : s.

très fins; ceux-ci se résolvent ensuite en gouttes sous l'influence de la tension superficielle. On observe alors *une diminution de la vitesse au seuil de pulvérisation*.

L'aspect d'un jet de liquide visqueux aux vitesses moyennes est à rapprocher de celui que l'on obtient en injection solide ⁽³⁾. D'autre part les résultats obtenus ici sont à rapprocher de la difficulté que présente l'atomisation des liquides visqueux par injection solide. Ici encore il semble que le mécanisme de la pulvérisation soit le même en injection solide et en atomisation pneumatique.

— HYDRAULIQUE. — *Sur le transport du sable sous l'influence de la houle.*

Note ⁽¹⁾ de MM. **JEAN LAURENT** et **HENRI GRIDEL**, présentée par M. Albert Caquot.

Le transport des matériaux solides dans la mer, au voisinage des côtes sableuses, a fait l'objet d'observations et d'études nombreuses, aussi bien de la part des géologues et des hydrographes que des ingénieurs chargés de l'aménagement et de l'entretien des ports. Petit à petit l'opinion s'est confirmée que,

⁽³⁾ HENLEIN, *Forsch. auf dem Geb. des Ing. Wesens*, 2, 1931, fig. 13 d, p. 142.

⁽¹⁾ Séance du 5 mai 1943.

parmi les causes principales des cheminements, il faut considérer l'effet des transports provoqués par la houle. En effet, alors que les courants qui, dans la plupart des cas, résultent du jeu des marées, se renversent quatre fois par jour, au contraire, du fait des vents régnants, la direction de la houle le long d'une côte s'établit et se maintient de façon fixe pendant de très longs espaces de temps. Cela explique les cheminements arénifères quasi permanents qui ont été observés dans toutes les mers du Globe.

On constate alors l'intérêt à la fois scientifique et pratique qu'il y a à étudier, par des essais sur modèle réduit, le mécanisme de ce phénomène.

A l'occasion des expériences effectuées, il y a quelques années, dans un laboratoire étranger, on a pu constater que, pour une houle donnée, il existait une relation entre l'importance du débit solide charrié par cette houle et l'angle fait par la côte avec la direction des vagues. On a également constaté que, si, pour une houle donnée, on fait varier le débit solide confié aux vagues, il se produit, en aval des caps ou des digues qui avancent dans la mer, un dépôt de matériaux en forme de cordon lagunaire dont l'orientation par rapport à la houle régnante dépend de l'importance du débit solide en question.

De la série d'essais entrepris à cette époque, on avait cru pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° plus le débit solide est important et plus le lido qui en résulte a tendance à se déposer en travers de la houle causale;

2° lorsque la houle est saturée en débit solide, l'angle d'émergence du cordon lagunaire avec les crêtes de houle est de 65°.

A l'occasion d'une très importante étude effectuée au Laboratoire central d'Hydraulique au cours des années 1940, 1941, 1942, nous avons été amenés à reproduire une partie des expériences faites antérieurement dans un laboratoire étranger. Or, si nous avons pu contrôler l'exactitude des principes généraux que ces dernières avaient permis de dégager, par contre, nous avons été amené, sur un certain nombre de points particuliers, aux conclusions suivantes :

1° Alors qu'on avait admis que la reproduction similaire sur la maquette d'un phénomène observé sur la nature pouvait être réalisée sur une maquette douée de distorsion, c'est-à-dire où les échelles de réduction en plan et en hauteur sont différentes, nous sommes arrivés à démontrer, et par le calcul et par l'expérience, que la reproduction correcte des phénomènes au laboratoire implique la construction d'une maquette sans distorsion. En effet, pour que l'épanouissement de la houle se produise de façon identique dans la cuve d'expériences et dans la réalité, il faut que les célérités aux points homologues restent toujours proportionnelles.

Si l'on désigne par $c = \sqrt{(g\lambda/2\pi) \operatorname{th} 2\pi(h/\lambda)}$, la célérité en un point réel et par $c' = \sqrt{(g\lambda'/2\pi) \operatorname{th} 2\pi(h'/\lambda')}$ la célérité au point correspondant de la maquette, il faut, pour que le rapport c/c' soit constant, que le rapport $[\operatorname{th} 2\pi(h/\lambda)/\operatorname{th} 2\pi(h'/\lambda')]$ soit lui-même constant.

Or $\lambda' = m\lambda'$ et $h' = nh$, m et n désignant respectivement les échelles de réduction en plan et en hauteur; la relation n'est identiquement vérifiée que si $m/n = 1$, donc si la maquette n'est pas distordue.

L'acquisition de cette notion est fondamentale pour tous les essais en laboratoire où l'on doit représenter des phénomènes de houle; comme la tendance actuelle de la technique conduit de plus en plus à étudier le comportement des ouvrages portuaires sous l'influence de la houle, il est nécessaire, pour ne pas aller au-devant d'échecs dont les conséquences peuvent être extrêmement graves, de se conformer à cette règle.

2° En reproduisant, à l'aide de divers matériaux, les expériences dont il a été question ci-dessus, nous avons constaté que l'indication d'un angle fixe de 65° , qui correspondrait à la houle saturée en débit solide, ne doit pas être retenue.

C'est ainsi, par exemple, qu'en réalisant sur la maquette des essais de transport de sable par la houle, et en utilisant comme matériau de transport des grains de pierre ponce convenablement triés pour obtenir une granulométrie constante, nous avons constaté une concordance très satisfaisante des phénomènes observés avec la formule empirique

$$\alpha = 125 - \frac{1130}{x + 13},$$

formule où α représente l'angle en degré que fait le cordon lagunaire émergent avec la direction des crêtes de houle, l'origine de l'angle étant prise du côté d'où provient le débit solide, et x représentant la proportion de débit solide, confié à la houle considérée. Lorsque la houle est saturée en débit solide, c'est-à-dire lorsque x est infini, on a

$$\alpha = 125^\circ,$$

ce qui correspond à un angle de $180 - 125 = 55^\circ$ entre le lido et la direction initiale des crêtes de houle.

Cette formule, valable pour une houle de caractéristiques données, un matériau de densité, de forme et de granulométrie définies et une forme de côte déterminée, ne s'applique plus lorsqu'on fait varier les paramètres de l'expérience; le problème est donc infiniment plus complexe qu'il n'avait pu le paraître au premier abord.

Il y a lieu de penser que, lorsqu'aura été menée à bien la série complète de nos expériences, la plupart des phénomènes de transport solide le long des côtes qui semblent, à l'heure actuelle, déjouer toutes les prévisions, pourront être complètement interprétés et prévus à l'avance.

HYDRAULIQUE. — *Méthode générale de calcul des chambres d'équilibre déversantes (méthode D. F.)*. Note de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

Il n'existe pas de méthode de calcul rigoureuse des cheminées d'équilibre déversantes. En effet, avec les notations habituelles, en appelant $Z' = Z - H$ la

cote du plan d'eau au-dessus du seuil déversant, lui-même à la cote H au-dessus du niveau statique, on peut désigner par $\mu Z'^{3/2}$ le débit déversant ($\mu = \text{const.}$ pour $Z' > 0$, $\mu = 0$ pour $Z' \leq 0$) et écrire l'équation de continuité et celle des forces vives sous la forme suivante, dans le cas d'un arrêt complet instantané du débit, pour une chambre à section constante sans étranglement, et en négligeant toutes les pertes de charge :

$$(1) \quad fW = FV + \mu Z'^{3/2},$$

$$(2) \quad \frac{L}{g} \frac{dW}{dt} + H + Z' = 0.$$

On en tire l'équation différentielle du premier ordre

$$\frac{L}{gf} \left[FV \frac{dV}{dZ'} + \frac{3}{2} \mu V \sqrt{Z'} \right] + H + Z' = 0,$$

qui n'est pas intégrable. Le problème n'admet donc pas de solution mathématique rigoureuse, même dans le cas le plus simple.

Nous allons voir qu'il est facile, par contre, de le résoudre par notre méthode de calcul aux différences finies (méthode D. F.), dans le cas le plus général d'une chambre à section F variable, avec étranglement inférieur, en tenant compte des pertes de charge et pour une manœuvre quelconque; les équations (1) et (2) sont alors remplacées par

$$(3) \quad fW = FV + \mu Z'^{3/2} + Q,$$

$$(4) \quad \frac{L}{g} \frac{dW}{dt} + H + Z' + \varepsilon KW^2 + \varepsilon' \lambda F^2 V^2 = 0.$$

De ces équations, en passant des différentielles aux différences finies, on déduit les trois relations

$$(5) \quad W = \frac{1}{f} \left[FV + \mu Z'^{3/2} + Q \right],$$

$$(6) \quad \Delta Z' = V \Delta t,$$

$$(7) \quad \Delta V = \frac{-1}{F} \left[V \Delta F + \frac{3}{2} \mu V \sqrt{Z'} \Delta t + \Delta Q + \frac{gf}{L} (H + Z' + \varepsilon KW^2 + \varepsilon' \lambda F^2 V^2) \Delta t \right].$$

La méthode de calcul demeure toujours la même; on part des valeurs connues de Z' et de V à l'instant t , on en déduit Q , puis W au moyen de (5); on se donne une valeur arbitraire de Δt et l'on calcule $\Delta Z'$ au moyen de (6); ceci fournit la valeur de ΔF et l'équation (7) celle de ΔV . On obtient donc le nouvel ensemble de valeurs correspondantes $t + \Delta t$, $Z' + \Delta Z'$, $V + \Delta V$ et le calcul se poursuit ainsi, de proche en proche.

On peut également traiter le cas où n chambres d'équilibre déversantes sont placées en série sur un même canal d'amenée (chambre 1 à l'aval, chambre n à l'amont) : par un raisonnement analogue à celui que nous avons fait dans

l'étude du même problème, en l'absence de déversement ⁽¹⁾, on aboutit aux $3n$ relations

$$\begin{aligned}
 (A_1) \quad f_1 W_1 &= F_1 V_1 + \mu_1 Z'_1 \sqrt{Z'_1} + Q, & (B_1) \quad \Delta Z'_1 &= V_1 \Delta t, \\
 (A_2) \quad f_2 W_2 &= F_2 V_2 + \mu_2 Z'_2 \sqrt{Z'_2} + f_1 W_1, & (B_2) \quad \Delta Z'_2 &= V_2 \Delta t, \\
 & \dots & & \dots, \\
 (A_n) \quad f_n W_n &= F_n V_n + \mu_n Z'_n \sqrt{Z'_n} + f_{n-1} W_{n-1}, & (B_n) \quad \Delta Z'_n &= V_n \Delta t, \\
 (C_1) \quad \Delta V_1 &= \frac{-1}{F_1} \left\{ V_1 \Delta F_1 + \Delta Q + \left[\frac{3}{2} \mu_1 V_1 \sqrt{Z'_1} + \frac{g f_1}{L_1} (H_1 + Z'_1 - H_2 - Z'_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 \right. \right. \\
 & \qquad \qquad \qquad \left. \left. + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2) \right] \Delta t \right\}, \\
 (C_2) \quad \Delta V_2 &= \frac{-1}{F_2} \left\{ V_2 \Delta F_2 + \left[\frac{3}{2} \mu_2 V_2 \sqrt{Z'_2} - \frac{g f_1}{L_1} (H_1 + Z'_1 - H_2 - Z'_2 + \varepsilon_1 K_1 W_1^2 \right. \right. \\
 & \qquad \qquad \qquad \left. \left. + \varepsilon'_1 \lambda_1 F_1^2 V_1^2 - \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2) \right. \right. \\
 & \qquad \qquad \qquad \left. \left. + \frac{g f_2}{L_2} (H_2 + Z'_2 - H_3 - Z'_3 + \varepsilon_2 K_2 W_2^2 + \varepsilon'_2 \lambda_2 F_2^2 V_2^2 - \varepsilon'_3 \lambda_3 F_3^2 V_3^2) \right] \Delta t \right\}, \\
 & \dots, \\
 (C_n) \quad \Delta V_n &= \frac{-1}{F_n} \left\{ V_n \Delta F_n + \left[\frac{3}{2} \mu_n V_n \sqrt{Z'_n} - \frac{g f_{n-1}}{L_{n-1}} (H_{n-1} + Z'_{n-1} - H_n - Z'_n + \varepsilon_{n-1} K_{n-1} W_{n-1}^2 \right. \right. \\
 & \qquad \qquad \qquad \left. \left. + \varepsilon'_{n-1} \lambda_{n-1} F_{n-1}^2 V_{n-1}^2 - \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \right. \right. \\
 & \qquad \qquad \qquad \left. \left. + \frac{g f_n}{L_n} (H_n + Z'_n + \varepsilon_n K_n W_n^2 + \varepsilon'_n \lambda_n F_n^2 V_n^2) \right] \Delta t \right\},
 \end{aligned}$$

qui fournissent la solution du problème, comme nous l'avons vu.

AÉRODYNAMIQUE. — *Une nouvelle soufflerie aérodynamique; diffuseur à paroi mobile.* Note ⁽¹⁾ de M. **ALEXANDRE FAVRE**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le principe de la paroi mobile ⁽²⁾ nous a permis d'obtenir, avec des fluides réels, des mouvements semblables à ceux d'un fluide parfait, en donnant aux parois des vitesses égales à celles du fluide ambiant, afin de supprimer les frottements et les décollements.

Nous l'avons appliqué à la transformation de l'énergie cinétique en pression, dans les diffuseurs. Supprimant ainsi les décollements, on pourra utiliser des diffuseurs ayant de très grands angles d'ouverture et augmenter leur section de sortie, tout en diminuant leur longueur. La récupération de l'énergie cinétique en sera améliorée, et les pertes par frottements diminuées, en raison de la rapide décroissance des vitesses, et même de la réduction éventuelle des surfaces.

Pour faciliter la réalisation du dispositif, nous avons, comme pour l'aile ⁽¹⁾,

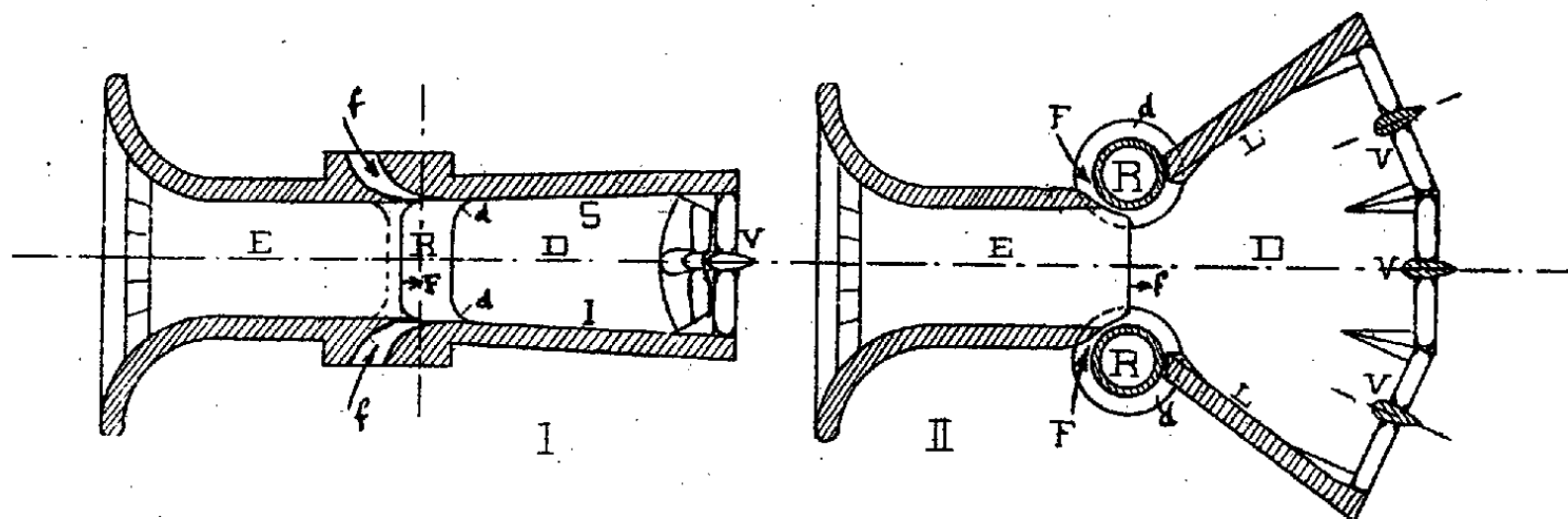
⁽¹⁾ *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 35.

⁽¹⁾ Séance du 19 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 386.

concentré en une seule section les principaux risques de décollement, et constitué les parois mobiles par des rotors placés en cette section. Ceci conduit à une section polygonale, avec autant de rotors que de côtés; mais, pour simplifier encore, nous avons étudié tout d'abord une soufflerie aérodynamique comportant seulement deux rotors verticaux; les parois supérieure et inférieure du diffuseur sont fixes, peu divergentes ou légèrement convergentes, et les parois latérales, verticales, font entre elles un angle très ouvert.

La maquette réalisée pour le G. R. A. (voir la figure) a une veine d'expé-



Soufflerie à paroi mobile. I, élévation; II, plan.

riences guidée E de 20×20 cm de section; elle comporte, à l'entrée du diffuseur D, deux cylindres tournants R, verticaux, de 10 cm de diamètre, entraînés par des moteurs électriques (montés en banc-balance) jusqu'à la vitesse de 10 000 t/min. Deux fentes F sont ménagées en amont des rotors, qui sont suivis en aval par les parois verticales L du diffuseur, faisant entre elles un angle de 90° . Les parois supérieure S et inférieure I sont fixes, leur angle est très faible.

La longueur du diffuseur, fixée à 64 cm, soit 3,2 fois la largeur de la veine E, est donc réduite par rapport à celles des souffleries classiques.

Trois ventilateurs V sont disposés dans la section de sortie. Des prises de pression permettent de mesurer les dépressions statiques, notamment H dans la veine d'expériences, et h en amont des ventilateurs, et de déterminer la valeur du coefficient de buse $\eta = K \cdot H/h$, en tenant compte du pourcentage de débit des fentes.

1° Dès les premiers essais le *décollement* a été *supprimé*, en aval des cylindres tournants, sur les parois L ouvrant à 90° . Mais il persistait sur les parois supérieure et inférieure fixes, en raison du fort gradient de pression dû à l'épanouissement horizontal. De plus on constatait l'existence d'importants tourbillons marginaux aux raccords des cylindres avec ces parois. Ces tourbillons libres sont dus au fait que les tourbillons de remplacement liés aux rotors ne peuvent, en raison de la présence des couches-limites sur les parois fixes, se conserver jusqu'au contact de ces parois.

2° Pour éviter ces tourbillons, nous rendons mobile une partie de la paroi, orthogonale à l'axe des cylindres, en fixant sur ceux-ci des disques tournants d,

raccordés progressivement. Les tourbillons liés peuvent alors parvenir intacts jusqu'au contact de cette paroi orthogonale, dépourvue de couche-limite, et s'y terminer comme dans un fluide parfait, sans émission de tourbillons libres.

Après mise au point des jeux et des carénages nous avons vérifié, expérimentalement, que ce procédé permet en effet de *supprimer* les *tourbillons* marginaux.

3° Pour supprimer les décollements sur les parois fixes supérieure et inférieure, nous avons, par approximations successives, diminué leur angle jusqu'à une valeur légèrement négative. De plus nous avons adjoint une fente f à chacune de ces parois, dans la section d'entrée du diffuseur. Les principaux résultats sont les suivants :

a. tous les *décollements* et *tourbillons* marginaux ont été *supprimés*, par mise en mouvement des rotors;

b. le coefficient de buse atteint $\eta \sim 5,8$ (avec $H/h = 6,3$; $\eta = 0,92 H/h$) valeur élevée par rapport aux coefficients des souffleries classiques;

c. le rapport de la vitesse périphérique des cylindres à la vitesse du courant est de 1,5 à 1,8;

d. la puissance qu'il est nécessaire de transmettre au fluide pour supprimer le décollement, théoriquement nulle, est indécidable.

La puissance consommée pour entretenir la rotation des cylindres (roulements etc.) est faible par rapport à celle des ventilateurs. Il est probable qu'elle sera moindre lors de réalisations à grande échelle, notamment parce que les vitesses de rotation seront moins élevées.

Ce type nouveau de soufflerie, dont la réalisation paraît être suffisamment simplifiée pour les applications, a donc permis, dès les premières expériences, de réduire la longueur du diffuseur, et d'obtenir un rendement élevé.

ÉLASTICITÉ ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Étude générale du flambement des arcs*. Note ⁽¹⁾ de M. **ROBERT LÉVI**, présentée par M. Albert Caquot.

Le flambement des pièces droites est un phénomène d'équilibre indifférent. Pour les arcs, comme l'énergie ne varie pas linéairement avec les déplacements, le flambement doit être recherché dans un équilibre indifférent, qui forme limite entre des états stables et des états instables.

La situation limite, caractérisée par l'ordonnée $(\gamma + \nu)$ de la fibre moyenne déformée, est telle que de nouveaux déplacements quelconques $\lambda \cdot z(x)$ infiniment petits fassent passer l'arc à un nouvel état d'équilibre, ou, ce qui revient au même, que l'énergie potentielle W de l'arc et des charges appliquées ait une dérivée seconde nulle par rapport à λ .

⁽¹⁾ Séance du 22 janvier 1945.

En particulier, nous considérons la déformation nouvelle $w(x)$ qui correspond au redoublement de la poussée Q .

Cette fonction, comme toute fonction z , satisfait aux mêmes conditions aux limites que l'élongation des déformations avant flambement. L'équation des moments s'écrit

$$\frac{EJ}{Q} w'' + w + y + v = A + Bx.$$

Le second membre est une fonction linéaire de x , nulle si l'arc est articulé aux naissances. EJ est le coefficient qui intervient entre moments supplémentaires et courbure supplémentaire.

L'arc, isolé dans l'espace, se raccourcirait, par suite de la réduction de la fibre moyenne, de la quantité LQ , avec

$$L = K^2 \int \frac{dx}{ES \cos \varphi},$$

l'intégrale étant prise sur la longueur de l'arc et K^2 , coefficient plus grand que 1, tenant compte de la compressibilité des appuis. Il faudrait aussi qu'il s'allonge par suite du changement de courbure, de TQ , avec

$$T = - \int (y' + v') \frac{w'}{Q} dx = \int (y + v) \frac{w''}{Q} dx.$$

L'équilibre limite est obtenu quand $T = L$. Dans le cas contraire le calcul des variations montre que l'on doit prendre $z = wL/T$ et qu'on a alors

$$\frac{d^2 W}{d\lambda^2} = Q^2 \left(L - \frac{L^2}{T} \right).$$

Quand T , décroissant, atteint la valeur L , le flambement commence. Quand T est négatif ou nul, l'accroissement de la poussée correspond à une réduction de la déformation, et il n'y a pas de flambement possible. Donc le seul cas limite de flambement est donné par $T = L$.

Pour résoudre ces équations, on mettra avantageusement y , v et w sous forme de séries de fonctions. Ces fonctions s ou a , suivant qu'elles sont symétriques (n impair) ou antisymétriques (n pair), seront définies par

$$\frac{EJ}{P_n} s_n'' + s_n = A_n + B_n x$$

et par les conditions aux limites habituelles. Nous pouvons décomposer $y + v$ de la manière suivante

$$\frac{EJ}{Q} y'' + y = A, \quad y \equiv \sum s_n, \quad v \equiv \sum \sigma_n s_n + \sum \alpha_n a_n.$$

Les fonctions s ou a possèdent, en effet, la même propriété que les fonctions

sinusoïdales dans la série de Fourier. On trouve facilement

$$(P_m - P_n) \int s'_m s'_n dx = \int [s''_m (EJ s''_n - A_n - B_n x) - (EJ s''_m A_m B_m x) s''_n] dx = 0.$$

Dès lors la solution du problème est donnée par

$$w = - \sum \frac{Q}{Q + P_n} s_n - \sum \frac{Q}{Q + P_n} a_n,$$

$$\sum \frac{(1 - \sigma_n)^2}{Q - P_n} \int s'^2_n dx + \sum \frac{\alpha^2}{Q - P_n} \int a'^2_n dx = L.$$

Cette dernière équation ne peut être satisfaite que si $Q > P_1$. La valeur limite de Q est d'autant plus basse que les σ_n , autres que σ_1 , sont faibles et que les α_n sont plus grands. Le cas pratique le plus propice au flambement est celui où, sauf σ_1 et α_2 , tous les coefficients sont nuls. Il vient alors

$$\frac{\sigma_1^2 \cdot 2\sigma_1}{Q - P_1} \int s'^2_1 dx - \frac{\alpha_2^2}{P_2 - Q} \int a'^2_2 dx + T_0 = L,$$

T_0 étant la valeur de T quand $w \equiv 0$. Cette fonction décroît de $+\infty$ à $-\infty$ dans l'intervalle de P_1 à P_2 , tandis que le second terme tend vers $-\infty$ quand Q tend vers P_2 . L'égalité ci-dessus est donc satisfaite dans l'intervalle de P_1 à P_2 . Comme T_0 est en général d'un ordre de grandeur supérieur aux autres termes, la solution en Q est de peu inférieure à la plus basse des poussées suivantes :

poussée correspondant à $T_0 = 0$, c'est-à-dire telle qu'une déformation additionnelle ne change pas la longueur développée de l'arc;

poussée P_2 , c'est-à-dire première poussée de flambement antisymétrique de la pièce droite ayant mêmes moments d'inertie réduite que l'arc considéré.

Quand ces moments sont constants, l'arc à une ou trois articulations entre dans le premier cas, l'arc encastré ou à deux articulations, dans le second.

Observations sur la Note précédente par M. ALBERT CAQUOT.

La réalisation des très grands ouvrages d'art modernes pose des problèmes essentiels de sécurité et d'utilisation optimum des qualités de la matière. C'est ainsi que, pour l'une des formes les plus utiles des éléments porteurs, le calcul des arcs se poursuit par des méthodes de plus en plus précises. A la méthode empirique de Méry s'est substituée la méthode élastique, à la suite des travaux de Bresse, de Jean Résal et de Ritter. La méthode élastique ne tient compte pour les déformations que des termes du 1^{er} ordre. La connaissance des termes du 2^d ordre est liée essentiellement à l'étude du flambement.

L'étude ci-dessus de M. Robert Lévi est ainsi d'un haut intérêt. Elle m'avait été communiquée le 29 janvier 1942, mais n'avait pu paraître alors à cause de l'occupation ennemie.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *La déformation plastique visqueuse des solides.*

Note ⁽¹⁾ de M. **ROBERT L'HERMITE**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons donné ⁽²⁾ le compte rendu d'expériences nous montrant que la résistance à la traction d'un solide, essayé à vitesse d'allongement imposée, était une fonction du premier degré du logarithme de la vitesse. D'autre part nous avons vu que l'allongement au maximum du diagramme de déformation paraissait indépendant de la vitesse quand ce diagramme possédait un maximum. Une telle propriété peut s'expliquer si l'on suppose que le solide est formé d'éléments élastiques formant squelette résistant, dans lequel sont imbriqués des éléments liquides visqueux agissant comme tels. L'équation de déformation est

$$E(1 - \alpha) \delta + K \frac{d\delta}{dt} = f,$$

E module d'élasticité, δ allongement, K coefficient de viscosité, f réaction, $(1 - \alpha)$ rapport de la section réagissant élastiquement à la section totale.

L'intégrale est

$$\delta = \frac{f}{E(1 - \alpha)} \left[1 - \alpha e^{-\frac{E}{K}(1 - \alpha)t} \right].$$

Pour un solide parfaitement élastique $\alpha = 0$, parfaitement plastique $\alpha = 1$ et $\delta = f/E[(E/K)t + 1]$. Appliquons au solide une charge fixée T d'une manière instantanée. La déformation totale est donnée par une intégrale

$$\Delta = \int_0^T \frac{1}{E(1 - \alpha)} \left[1 - \alpha e^{-\frac{E}{K}(1 - \alpha)t} \right] dT;$$

α est une fonction de Δ et K une fonction de T . Au bout d'un temps t_0 la déformation atteint une valeur limite Δ_R et $(1 - \alpha)$ s'annule. Pour $T > T_R$ et pour un temps très grand, on trouve

$$v = \frac{d\Delta}{dt} = \int_{T_R}^T \frac{1}{K} dT,$$

qui, avec $K = (1/\mu)e^{-\lambda T}$, donne

$$T = \frac{1}{\lambda} \log \left(\frac{\lambda}{\mu} v + e^{\lambda T} \right).$$

Nous retrouvons, lorsque le premier terme de la parenthèse est grand par rapport au second, l'expression linéaire. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que la viscosité soit une fonction exponentielle de la tension.

Un essai, effectué en provoquant un allongement instantané et mesurant la

⁽¹⁾ Séance du 12 avril 1944.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 871.

chute de réaction correspondante, donne la relaxation. Il s'exprime, pour $\Delta > \Delta_R$, par l'intégrale

$$T = \int_0^{\Delta_R} \frac{E(1-\alpha)}{1 - \alpha e^{-\frac{E}{K}(1-\alpha)t}} d\Delta + \int_{\Delta_R}^{\Delta} \frac{E}{1 + \frac{E}{K}t} d\Delta,$$

qui, pour t infiniment grand, tend vers $T_l = \int_0^{\Delta} E(1-\alpha) d\Delta$. Pour un allongement supérieur à Δ_R , la réaction tend vers une valeur constante. Pour un allongement inférieur à Δ_R et pour t infiniment grand, la réaction tend vers $T_l = \int_0^{\Delta} E(1-\alpha) d\Delta$.

Pour un essai de fluage $T < T_R$, nous remarquons que l'allongement tend vers $\Delta_l = \int_0^T \frac{1}{E(1-\alpha)} dT$. Ces deux équations sont équivalentes si l'on prend pour limite des intégrales respectivement Δ_l et Δ_R . Dans ces conditions, la tension d'équilibre T_l obtenue après un essai de relaxation sous allongement Δ_l est égale à la tension qu'il faudrait appliquer dans un essai de fluage pour obtenir un allongement limite Δ_l .

Les essais de fluage et de relaxation permettent le calcul des fonctions α et K .

L'essai de traction à vitesse d'allongement imposée est exprimée par l'intégrale de Volterra

$$T = \int_0^t \frac{E(1-\alpha)}{1 - \alpha e^{-\frac{E}{K}(1-\alpha)(t-r)}} \frac{d\Delta}{dt} dr$$

et l'essai de traction à vitesse de chargement imposée est donné par l'intégrale

$$\Delta = \int_0^t \frac{1 - \alpha e^{-\frac{E}{K}(1-\alpha)(t-r)}}{E(1-\alpha)} \frac{dT}{dt} dr,$$

que l'on peut résoudre par approximations successives. En toute rigueur, pour tenir compte du changement de dimensions de l'éprouvette, on doit faire $T = T_0(1 + \Delta)$, où T_0 représente la tension rapportée à la section initiale.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *La fonction caractéristique quantique et les méthodes d'approximation du genre champ self consistent.* Note ⁽¹⁾ de
M. EDMOND ARNOUS.

Nous avons montré ⁽²⁾, sur un problème classique, celui de la théorie des perturbations, comment il fallait utiliser la fonction caractéristique

⁽¹⁾ Séance 12 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 348.

quantique dans l'étude des méthodes d'approximation. Il est maintenant aisé de traiter, de la même façon, le cas plus général, et d'ailleurs plus simple, des méthodes du genre *champ self consistent*; nous voulons parler des méthodes qui, d'une façon ou d'une autre, permettent de déterminer un système complet de fonctions *orthogonales*, voisines des fonctions propres du problème.

Voici ce que nous allons faire : nous allons exprimer la fonction caractéristique quantique à l'aide des éléments $H_{mn} = (\psi_m, H\psi_n)$ de la matrice énergie. Puis nous classerons les termes suivant leur ordre de grandeur, c'est-à-dire, ici, suivant leur degré par rapport à l'ensemble des éléments H_{mn} *non diagonaux*. Il nous restera alors, pour conclure, à identifier l'expression obtenue avec l'expression (1) de la Note précédente, que nous rappelons,

$$(1) \quad K(u) = \sum_m e^{iuE_m^{(0)}} \left\{ [p_m^{(0)}] + [iu p_m^{(0)} E_m^{(1)} + p_m^{(1)}] \right. \\ \left. + \left[-\frac{u^2}{2} p_m^{(0)} E_m^{(1)2} + iu(p_m^{(0)} E_m^{(2)} + p_m^{(1)} E_m^{(1)}) + p_m^{(2)} \right] + \dots \right\}.$$

Partons de l'expression quantique $(\Psi, \exp. iu H \Psi)$ de la fonction caractéristique, substituons le développement $\sum_m c_m \psi_m$ de Ψ et développons l'exponentielle. Nous obtenons

$$K(u) = \sum_{m,n} c_m^* c_n \left(\psi_m, \sum_v \frac{(iu)^v}{v!} H^v \psi_n \right).$$

L'orthogonalité des ψ nous permet d'écrire

$$(\psi_m, H^v \psi_n) = \sum_{pq \dots s} H_{mp} H_{pq} \dots H_{sn},$$

c'est-à-dire, en groupant les termes par ordre de grandeur,

$$H_{mn}^v \delta_{mn} + \sum_{\substack{\lambda \\ n \neq m}} H_{mn}^\lambda H_{nn}^{v-\lambda-1} + \sum_{\substack{\lambda, \mu \\ m \neq p \neq n}} H_{mn}^\lambda H_{mp} H_{pp}^\mu H_{pn} H_{nn}^{v-\lambda-\mu-2} + \dots$$

Il reste maintenant une petite difficulté, le calcul de la dernière somme. Mais nous l'avons résolue dans la Note précédente, de sorte que nous trouvons tout de suite

$$K(u) = \sum_m e^{iuH_{mm}} \left\{ |c_m|^2 + \sum_{n \neq m} \frac{c_m^* c_n H_{mn} + c_m c_n^* H_{mn}^*}{H_{mm} - H_{nn}} + iu \sum_{n \neq m} \frac{|c_m|^2 |H_{mn}|^2}{H_{mm} - H_{nn}} \right. \\ \left. + \sum_{n \neq m} \frac{(|c_n|^2 - |c_m|^2) |H_{mn}|^2}{(H_{mm} - H_{nn})^2} \right. \\ \left. + \sum_{\substack{np \\ (m \neq n \neq p \neq m)}} \frac{c_m^* c_p H_{mn} H_{np} + c_p^* c_n H_{pm} H_{mn} + c_n^* c_m H_{np} H_{pm}}{(H_{mm} - H_{nn})(H_{mm} - H_{pp})} + \dots \right\}.$$

Comparons avec la formule (1) et identifions terme à terme. Nous trouvons finalement les résultats cherchés

$$E_m^{(0)} = H_{mm}, \quad E_m^{(1)} = 0, \\ E_m^{(2)} = \sum_{n \neq m} \frac{|H_{mn}|^2}{H_{mm} - H_{nn}}.$$

L'énergie de première approximation est H_{mm} . La correction du premier ordre est nulle. C'est là une remarque que Moller et Plesset ⁽³⁾ avaient faite à propos des champs de Hartree et Fock. Nous voyons qu'elle est très générale. Elle reste d'ailleurs valable si les ψ ne sont plus orthogonaux (méthodes du genre Heitler London), à la condition toutefois que le défaut d'orthogonalité soit faible.

Si maintenant la matrice H se décompose en une matrice diagonale E et une matrice de perturbation V , nous retrouvons exactement les formules de la Note précédente. Dans ce cas la petitesse de V_{mm} entraîne une redistribution des termes entre $E_m^{(0)}$, $E_m^{(1)}$ et $E_m^{(2)}$; le second terme V_{mm} de $H_{mm} = E_m + V_{mm}$ est attribué, non à $E_m^{(0)}$, mais à $E_m^{(1)}$. L'utilisation de la fonction caractéristique quantique, on le voit, permet de bien mettre en relief quelques-unes des ressemblances et des différences entre la méthode des perturbations et les autres méthodes d'approximation.

ASTRONOMIE. — *Sur la réfraction latérale dans la détermination de l'heure à l'Observatoire de Paris.* Note de M. NICOLAS STOYKO, présentée par M. Ernest Esclangon.

La détermination astronomique de l'heure à l'Observatoire de Paris se fait depuis le 1^{er} janvier 1934 à l'aide de deux lunettes méridiennes : 1° Bouty (*b'*) (ouverture 102^{mm}, distance focale 123^{cm}); 2° Gautier n° 381 (*g*) (ouverture 75^{mm}, distance focale 84^{cm}).

Ces deux lunettes sont munies de micromètres impersonnels avec entraînement automatique du fil mobile par un moteur. On détermine l'inclinaison de l'axe de la lunette en utilisant, pour *b'*, un bain de mercure et, pour *g*, un niveau à bulle. On fait le retournement au milieu de l'observation de chaque étoile. On observe ordinairement 10 étoiles zénithales distribuées régulièrement des deux côtés du zénith.

La comparaison de 2793 séries de détermination de l'heure faites aux deux lunettes (1339 à *b'* et 1454 à *g*) pendant les 11 années nous a donné les différences moyennes mensuelles suivantes :

(3) *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 618.

Janv...	0 ^s , 000	Mai....	+0 ^s , 016	Sept...	+0 ^s , 003
Févr...	— 11	Juin...	+ 09	Oct....	— 06
Mars..	— 10	Juill...	+ 10	Nov...	— 12
Avril..	+ 15	Août..	+ 05	Déc...	— 17

entre les corrections de pendule dans le sens $g - b'$.

On remarque une variation saisonnière très nette entre les déterminations de l'heure aux deux instruments. Les corrections de l'heure à la lunette g sont plus fortes pendant le semestre d'été et plus faibles pendant le semestre d'hiver que celles de b' .

L'écart moyen mensuel des résultats d'une année est égal à 0^s,014.0. Si cet écart moyen provenait seulement des erreurs accidentelles, les moyennes mensuelles de 11 années devraient donner l'écart moyen, égal à 0^s,004.2. D'après le tableau ci-dessus on trouve l'écart moyen égal à 0^s,009.5. Donc il existe une véritable variation saisonnière entre les résultats de détermination de l'heure aux deux instruments. Cette variation saisonnière pourrait être expliquée par la réfraction anormale due à la présence des bâtiments de l'Observatoire autour des pavillons d'observation.

Le bâtiment principal de l'Observatoire, dont la hauteur avec la coupole *Est* est de 30^m au-dessus du niveau du sol, étant chauffé pendant les longues journées d'été par le Soleil, peut influencer une distribution régulière de l'air aux alentours. Comme conséquence, cela peut produire des réfractions anormales qui influenceront les résultats des observations astronomiques.

De deux instruments qui servent pour la détermination astronomique de l'heure, la lunette Bouty est mieux dégagée au point de vue de l'influence du bâtiment principal. Seulement l'observation des étoiles circompolaires pourrait être troublée par la réfraction latérale; l'observation des étoiles circomzénithales, qu'on utilise pour la détermination de l'heure, est affranchie de cette influence.

La lunette Gautier se trouve 18^m à l'*Est* et 7^m au *Sud* du bâtiment principal. De plus les bureaux du service méridien et l'ancienne salle méridienne entourent le pavillon de la lunette à 11^m à l'*Ouest* et 6^m au *Nord* respectivement. Tous ces bâtiments peuvent produire, après de longues journées d'été, l'échauffement de l'air environnant. On aura une diminution de la densité de l'air autour du pavillon d'observation. Le plan de séparation de cet air, chauffé avec le reste de l'atmosphère, sera incliné dans la direction *Ouest-Est*, étant donné la configuration des bâtiments environnants.

La correction de la pendule, déterminée par l'observation, sera augmentée, d'après la formule de la réfraction latérale ⁽¹⁾ de

$$\Delta_1 T = 1,6 \frac{a}{15(273^\circ + t_0)} \frac{H}{d} (t_2 - t_1) = 0^s, 023.5 \frac{H}{d} (t_2 - t_1),$$

(1) N. STOYKO, *Annales du Bureau des Longitudes*, 10, 1933, D., p. 101.

où 1,6 est une constante pour la latitude de Paris, a la constante de la réfraction, t_0 la température moyenne, H la hauteur de la couche troublée au-dessus de la lunette, t_2 et t_1 les températures de deux lieux à l'Ouest et à l'Est de la lunette, dont la distance mutuelle est de d mètres.

Soient la distance $d = 30^m$ et la hauteur $H = 42^m$, qui est une valeur compatible avec la hauteur du bâtiment principal. Il suffit que dans ce cas la variation maximum de la différence de température $t_2 - t_1$ soit égale à 1° pour expliquer l'amplitude saisonnière de $0^s,033$ dans la correction de la pendule.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Répartition des masses dans un amas globulaire d'étoiles*. Note de M. VICTOR MAITRE, présentée par M. Ernest Esclangon.

Si l'on admet que les amas globulaires présentent une symétrie sphérique et que la masse μ d'une étoile dépend de sa distance ρ au centre de l'amas, on peut déterminer la variation de μ en fonction de ρ . Cette détermination a son importance pour l'étude dynamique des amas.

Soient o le centre de l'amas, oz un axe dirigé vers l'observateur, r la projection de ρ sur le plan tangent à la sphère céleste ($r^2 = \rho^2 - z^2$) et R le rayon de l'amas. On admet de plus que la densité stellaire D est aussi une fonction de ρ , ce qui est conforme à l'observation. Soit un élément de volume compris entre deux cylindres de révolution d'axe oz et respectivement de rayon r et $r + dr$, la valeur moyenne $\bar{\mu}(r)$ pour toutes les étoiles contenues dans cet élément de volume peut être donnée par l'équation

$$\bar{\mu}(r) = \frac{\int_0^{\sqrt{R^2 - r^2}} \mu(\rho) D(\rho) dz}{\int_0^{\sqrt{R^2 - r^2}} D(\rho) dz}.$$

La masse μ d'une étoile peut être calculée par la relation d'Eddington si l'on connaît l'indice de couleur et la magnitude absolue ⁽¹⁾; on peut ainsi avoir $\bar{\mu}(r)$. $D(\rho)$ peut être déterminée en partant de $D(r)$ par certains procédés, donnés par von Zeipel, H. C. Plummer, Parvulesco, Wallenquist ⁽²⁾. L'équation précédente permet alors de déterminer $\mu(\rho)$, par exemple, par un calcul numérique de proche en proche, puisque sur le bord de l'amas on a $\mu(r) = \mu(\rho)$. On peut traiter de la même façon tout autre attribut des étoiles comme les indices de couleur et les magnitudes absolues, celles-ci pouvant être considérées comme égales aux magnitudes apparentes à une constante près.

Cette méthode a été appliquée à deux amas d'étoiles : 1° Messier 4

⁽¹⁾ V. MAITRE, *Journ. des Obs.*, 26, 1943, p. 1.

⁽²⁾ *Ann. Obs. Paris* (Mémoires), 25, 1908, F; *Mont. Not.*, (5), 71, 1911, p. 460; *Bull. Astr.*, 5, 1925, p. 5; *Ann. Bosscha*, (4), 5, 1933, p. 47.

(N. G. C. 6121). Greenstein a déterminé les indices de couleur c et les magnitudes apparentes m de 660 étoiles ⁽³⁾. Le calcul des moyennes de c et m en fonction de r montre que ces quantités ne varient pas d'une façon appréciable et systématique. On peut donc en conclure que les masses ne varient pas en fonction de ρ et que, pour une valeur donnée quelconque de ρ , les masses sont uniformément réparties; 2° Messier 37 (N. G. C. 2099). Von Zeipel et Lindgren ont déterminé les indices de couleur et magnitudes de 1869 étoiles ⁽⁴⁾. On a calculé la masse moyenne en fonction de r pour 15 régions concentriques de l'amas, on a utilisé le calcul de $D(\rho)$ de Wallenquist ⁽⁵⁾. On a le résultat suivant (la masse du Soleil est prise pour unité, N est le nombre d'étoiles) :

ρ	$\mu(\rho)$	N	ρ	$\mu(\rho)$	N	ρ	$\mu(\rho)$	N
0,5.....	1,72	64	5,5.....	1,41	120	10,5....	1,19	134
1,5.....	1,63	126	6,5.....	1,35	122	11,5....	1,13	140
2,5.....	1,49	122	7,5.....	1,31	98	12,5....	1,19	134
3,5.....	1,39	133	8,5.....	1,27	144	13,5....	1,22	133
4,5.....	1,39	137	9,5.....	1,22	141	14,5....	1,32	117

Les masses moyennes ne varient pas dans de grandes proportions; les plus fortes se trouvent au centre comme on pouvait s'y attendre. Il faut remarquer entre autres causes d'erreurs celle provenant des étoiles qui ne font pas partie physiquement de l'amas; c'est probablement à cela qu'est due la croissance de la masse moyenne sur le bord de l'amas.

ASTRONOMIE. — *Le zéro de la relation période-luminosité et la constante d'absorption dans l'espace interstellaire.* Note de M. HENRI MINEUR, présentée par M. Gaston Fayet.

1. Le zéro de la relation période-luminosité et la constante d'absorption dans l'espace interstellaire ont une importance primordiale pour la connaissance des dimensions de la Galaxie et des distances des nébuleuses extragalactiques. Leurs déterminations sont liées.

J'ai adopté comme zéro provisoire, c'est-à-dire comme magnitude absolue photographique des Céphéides de très courte période $M_0 = +0,32$, et comme absorption photographique provisoire sur un parcours de 1000 parsecs dans le plan galactique $a = +0,70$. Je désigne par $M_0 + \Delta$ et $a + \delta$ les vraies valeurs de ces constantes. Δ et δ sont deux corrections à déterminer.

Je suppose la matière absorbante répartie suivant une loi de Gauss en z , distance au plan galactique, et j'adopte pour absorption subie par un rayon

⁽³⁾ *Aph. J.*, 90, 1939, p. 387.

⁽⁴⁾ *Kungl. Svenska Vet. Handlingar*, 61, xv, 1921.

⁽⁵⁾ *Ann. Bosscha*, (4), 5, 1933, p. 55.

venant du pôle galactique 0,22 pour le pôle Nord et 0,28 pour le pôle Sud; ces valeurs sont déduites des dénombrements de nébuleuses extragalactiques.

Soient r la distance d'une Céphéide évaluée au moyen de sa magnitude apparente, et en adoptant les valeurs M_0 et a des constantes précédentes, et r' sa distance vraie. On a, en première approximation, pour les astres voisins du plan galactique,

$$r' = \lambda r + \mu r^2,$$

où $\Delta = -5 \log \lambda$, $\delta = -5.0,434 \frac{\mu}{\lambda^2} - a \frac{\lambda - 1}{\lambda}$.

Pour un astre éloigné du plan galactique, on remplace dans la formule précédente μ par zéro.

2. La cote moyenne \bar{z}' des Céphéides situées à une distance r a une valeur z'_0 indépendante de r ; de même la dispersion σ' des z' a une valeur de σ'_0 indépendante de r . Il en résulte que, si les corrections Δ et δ ne sont pas nulles, la cote moyenne \bar{z} et la dispersion σ , calculées au moyen des constantes provisoires M_0 et a , sont fonctions linéaires de r ,

$$\bar{z} = \frac{z'_0}{\lambda} \left[1 - \frac{\mu}{\lambda} r \right], \quad \sigma = \frac{\sigma'_0}{\lambda} \left[1 - \frac{\mu}{\lambda} r \right].$$

L'étude des 274 Céphéides actuellement connues montre qu'il en est bien ainsi et conduit à adopter

$$\frac{\mu}{\lambda} = -0,38 \pm 0,06,$$

3. Dans les hypothèses précédentes, la vitesse radiale ρ des Céphéides situées dans la direction de cosinus $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ est

$$\rho = X_0 \alpha_1 + Y_0 \beta_1 + Z_0 \gamma_1 + 2A_1 \lambda r \alpha_1 \beta_1 + A_2 \lambda r (\beta_1^2 - \alpha_1^2) + 2A_1 \mu r^2 \alpha_1 \beta_1 + A_2 \mu r^2 (\beta_1^2 - \alpha_1^2).$$

X_0, Y_0, Z_0 représentent les composantes de la translation des Céphéides par rapport au Soleil et

$$A_1 = A \cos 2l_0, \quad A_2 = A \sin 2l_0,$$

où A est la constante de rotation différentielle et l_0 la longitude du centre galactique.

La représentation par cette formule des 142 vitesses radiales de Céphéides actuellement connues donne pour l'apex

$$\alpha = 17^h 36^m, \quad \delta = +30^\circ, \quad S = 30,2 \text{ km/sec}^{-1},$$

et 14,8 km/sec⁻¹ pour dispersion des vitesses radiales résiduelles, puis, en adoptant $A = +0,015 \text{ km/sec}^{-1} \text{ parsec}^{-1}$,

$$l_0 = 330^\circ,6 \pm 7^\circ,3, \quad \lambda = 1,90 \pm 0,20, \quad \mu = -0,49 \pm 0,06.$$

4. Dans les mêmes hypothèses les mouvements propres en longitude et en

latitude sont représentés par

$$4,74 \mu_l \cos b = \frac{X_0}{\lambda} \frac{\alpha_2}{r} + \frac{Y_0}{\lambda} \frac{\beta_2}{r},$$

$$4,74 \mu_b = \frac{X_0}{\lambda} \frac{\alpha_3}{r} + \frac{Y_0}{\lambda} \frac{\beta_3}{r} + \frac{Z_0}{\lambda} \frac{\gamma_3}{r},$$

où $\alpha_2, \beta_2, \alpha_3, \beta_3, \gamma_3$ sont les cosinus de la tangente au cercle de latitude et au méridien de la Céphéide. L'application de ces formules aux Céphéides de mouvements propres connus donne

$$\lambda = 2,57 \pm 0,40.$$

5. La même méthode, appliquée aux RR. Lyræ, donne pour apex de ces astres

$$\alpha = 19^h 18^m, \quad \delta = +41^\circ 5', \quad S = 144 \text{ km/sec}^{-1},$$

89,7 km/sec⁻¹ pour dispersion des vitesses radiales résiduelles et

$$\lambda = 1,34 \pm 0,17.$$

6. Les moyennes pondérées des résultats précédents conduisent à

$$\lambda = 1,62 \pm 0,10, \quad \mu = -0,64 \pm 0,05.$$

D'après cela le zéro de la relation période-luminosité est $-0,73 \pm 0,06$ et la constante d'absorption $0,96 \pm 0,09$.

La cote du Soleil au-dessus du plan moyen des Céphéides est 25 ± 5 parsecs, et la dispersion de ces astres en distance à ce plan 71 ± 6 parsecs.

CHALEUR. — *Les phénomènes de convection dont sont le siège les thermomètres à mercure.* Note (1) de M. **PIERRE VERNOTTE**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les conditions dans lesquelles se font les échanges de chaleur avec les thermomètres interviennent fréquemment dans leur utilisation; et d'autre part, comme on le sait depuis longtemps, ils sont par nature spécialement adaptés à être eux-mêmes le corps dont on étudie la convection ou le rayonnement. D'où l'intérêt de l'étude des thermomètres faite de ce point de vue.

Le réservoir du thermomètre, en même temps qu'il est l'organe sensible à la température est aussi un calorimètre, et, après d'autres, nous l'avons déjà utilisé comme tel (2).

Mais une cause d'erreur fort grave est possible : la température de la tige pouvant être différente de celle du réservoir, la tige empêche le réservoir de se comporter comme un calorimètre isolé, la déperdition par la tige pouvant être normalement très grande à cause, à la fois, de la grande section de cette tige,

(1) Séance du 4 décembre 1944.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 57.

et de sa conductibilité, trop importante pour un isolant (seuls les très gros réservoirs munis d'une tige fine seraient à l'abri de la cause d'erreur, mais on n'utilise guère aujourd'hui de thermomètres ainsi réalisés). D'où la première condition pour l'expérimentation sur les thermomètres à mercure, de maintenir un temps suffisant tige et réservoir à la même température ⁽²⁾. Au commencement, à tout le moins, du phénomène thermique que l'on voudra étudier, il n'y aura pas fuite du réservoir vers la tige ou inversement.

Pour poursuivre la discussion, il faut remarquer que les verres et le mercure, dans les conditions ordinaires de température, ont la même capacité calorifique par unité de volume : 0,46 c.g.s. pour le mercure, 0,47 pour les verres, de sorte que les capacités calorifiques, par unité de longueur, d'une tige de verre et d'une tige de mercure, de mêmes diamètres, sont sensiblement identiques. Donc, à moins que ces tiges n'aient un contact thermique extraordinairement parfait avec le milieu où elles sont plongées, auquel cas la différence de leur conductibilité radiale interviendrait, et l'effet serait d'ailleurs atténué par la couche de verre qui enveloppe le mercure, elles suivront une loi de température, imposée, avec la même vitesse; et par suite le mercure du réservoir aurait à tout moment sensiblement la même température que le verre de la tige, qui ne troublerait donc pas son rôle de calorimètre. Donc, en principe, il ne faut expérimenter que sur des thermomètres formant avec leur réservoir un ensemble aussi cylindrique que possible ⁽²⁾.

Si l'on veut déterminer avec quelle inertie le thermomètre suit la température d'un bloc métallique dans le canal cylindre duquel il est plongé, on chauffera donc le réservoir et une partie notable de la tige dans une enceinte isotherme E, après quoi on introduira rapidement le thermomètre dans le bloc à la température ordinaire. Sa température baisse rapidement. On en suit la chute au chronomètre à aiguille dédoublante. Le phénomène est bien déterminé et facile à mettre en équation, malgré la capacité calorifique limitée du bloc et la présence de la tige, parce que, comme on l'a expliqué, tige et réservoir se refroidissent selon la même loi de temps. La théorie montre que l'écart entre la température du réservoir et la température finale du bloc est une fonction exponentielle du temps, dont on détermine la constante de temps τ en portant sur un graphique le logarithme des écarts de température. Avec un thermomètre de tige de diamètre 6^{mm}, logé dans un canal de diamètre 6^{mm},2, nous avons trouvé $\tau = 26,5$ sec. C'est le chiffre qui correspondrait à un passage de la chaleur par conduction pure à travers la mince couche d'air qui isole le thermomètre; la convection n'intervient pas, le coefficient d'échange est constant, et c'est pourquoi le graphique, bien rectiligne, donnait une valeur de τ bien déterminée.

Nous avons étudié la convection de ce même thermomètre dans l'air, par le calcul indiqué *in fine* dans une Note précédente ⁽³⁾, le thermomètre, réservoir

⁽³⁾ *Ibid.*, 220, 1945, p. 354.

et tige, ayant été préalablement chauffé au-dessus de la température ambiante. La loi de la convection naturelle ^(*) a été correctement vérifiée.

Les coefficients a et b de la formule $(a + bV^{1/6})$ ont été déterminés, ce qui permet le calcul de la constante de temps des échanges thermiques avec l'air pour toutes les valeurs de l'écart de température V : on peut d'après cela calculer l'effet d'inertie lorsque la température de l'air est variable.

Il résulterait de la valeur trouvée pour a que la surface du réservoir (mince couche de verre sur du mercure) a un pouvoir émissif, assez mal déterminé par ces expériences, de l'ordre de 0,2, chiffre plausible.

Un thermomètre dont le réservoir avait 6^{mm} de diamètre tandis que la tige avait 9^{mm}, a été aussi étudié. L'étude n'est possible que si les échauffements sont petits, de telle sorte que le refroidissement observable soit vite terminé peu après la sortie de l'enceinte, afin que les échanges réservoir-tige aient peu à intervenir : et en effet le graphique a été alors correct, mais les choses étaient toutes changées si le refroidissement durait longtemps, ce qui justifie les réserves faites plus haut.

THERMODYNAMIQUE. — *La similitude thermodynamique des turbomachines.*

Note ⁽¹⁾ de M. PAUL CHAMBADAL, présentée par M. Albert Caquot.

Conformément aux conceptions actuelles des turbomachines, les fonctionnements de celles-ci sont considérés comme semblables lorsqu'ils satisfont aux conditions des similitudes géométrique, dynamique et (si le fluide est compressible) aérodynamique. La première de ces conditions exprime la similitude de forme; la deuxième, qui se traduit par l'égalité des nombres de Reynolds R_e , exprime l'égalité des rapports entre les forces de viscosité et celles d'inertie; enfin la troisième, symbolisée par l'égalité des nombres de Mach M , fait intervenir l'effet de la compressibilité du fluide. C'est à ces trois conditions qu'on cherche à satisfaire en particulier, lorsqu'on procède à des essais sur maquettes, essais qui sont souvent réalisés en modifiant non seulement l'échelle des appareils, mais aussi la nature du fluide (par exemple, en remplaçant la vapeur d'eau par de l'air atmosphérique).

Ces trois conditions sont pourtant insuffisantes si l'on cherche à réaliser une similitude complète entre les fonctionnements des appareils considérés; elles ne pourraient suffire que dans le cas idéal où les transformations réalisées seraient réversibles et, par conséquent (les échanges de chaleur avec le milieu ambiant pouvant être négligés), isentropiques. Comme les transformations réelles sont irréversibles, elles sont accompagnées d'un accroissement d'entropie qui modifie la loi de la variation de l'état du fluide et exerce une influence sur

(*) *Ibid.*, 219, 1944, p. 675.

(1) Séance du 12 février 1945.

le rendement de la transformation, ce rendement étant défini par la comparaison entre l'énergie mécanique développée ou dépensée en réalité et celle qui correspondrait à une transformation réversible et isentropique.

On peut admettre, sans nuire à la généralité du raisonnement, que l'évolution du fluide dans une turbomachine soit polytropique, c'est-à-dire qu'elle s'exprime par la loi $p v^\alpha = \text{const.}$, p et v étant la pression et le volume spécifique du fluide et α un coefficient constant. Or une transformation polytropique réalisée avec un rendement ρ peut être considérée comme la succession d'un nombre infini de transformations élémentaires réalisées toutes avec le même rendement ρ . D'autre part, si le fluide peut être, avec une approximation suffisante, assimilé à un gaz parfait, on a $\rho = f(\rho_2, T_2/T_1)$, où T_1 est la température initiale (absolue) du fluide et T_2 la température qu'il aurait à la fin d'une transformation isentropique effectuée en partant du même état initial et aboutissant à la même pression finale que la transformation réelle. Il en résulte que, pour une valeur donnée de ρ (par exemple, pour une valeur donnée du rendement d'étage dans le cas d'une turbomachine comportant un grand nombre de cellules), ρ varie avec le rapport T_2/T_1 , de sorte que la constance de ce rapport doit être ajoutée aux trois conditions précédentes pour que la similitude entre les fonctionnements de deux turbomachines soit complète. Le rapport T_2/T_1 , qui fait intervenir l'effet de l'irréversibilité de la transformation, peut être utilisé comme paramètre de la similitude thermodynamique; contrairement au nombre de Mach, ce paramètre ne dépend pas du rapport $\gamma = c_p/c_v$ et s'applique, par conséquent, à tous les gaz, qu'ils soient mono- ou polyatomiques. Le paramètre de la similitude thermodynamique, qui vient ainsi s'ajouter aux nombres R_e et M , est inférieur ou supérieur à l'unité, suivant que le fluide se détend dans la turbomachine ou est comprimé dans celle-ci; son introduction dans l'étude des turbomachines permet d'éviter l'usage du rendement *polytropique*, qui ne tient compte que d'une partie des imperfections de la machine et n'offre pas pour l'appréciation de celle-ci une base fixe telle que la transformation réversible et isentropique.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Remarques sur la théorie des réseaux électriques polyphasés symétriques.* Note de M. FRANÇOIS RAYMOND.

On a coutume d'étudier les réseaux électriques polyphasés en fonction du système de courants qu'on leur fait débiter; il semble plus rationnel d'étudier les propriétés de ces réseaux en fonction de leur structure, définie elle-même par une matrice.

Soit un réseau possédant $n + 1$ bornes débitant les courants x_i (la $n + 1^{\text{ème}}$, prise comme référence, débite $-\sum_1^n x_i$) sous les différences de potentiel u_i

mesurées par rapport à la $n + 1^{\text{ème}}$ borne. On peut écrire

$$(1) \quad u_i = z_{ij} x_j \quad (\text{sommation sur } j).$$

Le réseau est caractérisé par la matrice formée des z_{ij} . On suppose, ce faisant, que u et x sont de même variance : ceci est possible, car il existe une commune mesure entre eux et il est possible de définir une métrique dans l'espace où ces grandeurs seraient les composantes de deux vecteurs U et X , métrique liée à la notion d'énergie [on sait, pour des oscillations harmoniques, qu'on considère l'énergie complexe $\sum u_i x_i^*$, $x_i^* =$ conjuguée de x_i et l'espace dans lequel on se représente l'opération (1) est l'espace complexe de la géométrie unitaire].

Nous avons montré comment les coordonnées symétriques de Fortescue se rattachent aux changements de coordonnées de la géométrie unitaire ⁽¹⁾. La présente Note procède d'une idée analogue.

La matrice (z_{ij}) d'un réseau polyphasé symétrique est telle que chaque ligne ou colonne se déduit de ses voisines par une permutation circulaire. On en déduit facilement que la réduite de Jordan est une forme diagonale et le problème d'électrotechnique consiste maintenant à calculer les valeurs propres de cette matrice. Nous reportant à la Note citée en référence, on voit que ces valeurs propres sont précisément les impédances cycliques définies par les électrotechniciens. Le changement de variables correspondant est défini par la matrice suivante, que nous appellerons *matrice de Fortescue* ⁽¹⁾,

$$(2) \quad C = \frac{1}{\sqrt{n}} (\alpha_i^k), \quad \alpha_i^k = a^{-(i-1)(k-1)},$$

a étant la racine $n^{\text{ième}}$ de l'unité. On notera que cette matrice est indépendante des valeurs des termes de (z_{ij}) .

Considérons maintenant un réseau linéaire, à liaisons holonomes indépendantes du temps; on sait que, dans ces conditions,

$$(3) \quad z_{ij} = z_{ji}.$$

Si λ_k sont les valeurs propres de (z_{ij}) , en adoptant la convention des électrotechniciens selon laquelle $k = 0, 1, \dots, n-1$, on a

$$(4) \quad \lambda_k = z_{11} + z_{12} a^{-k} + \dots + z_{1n} a^{-(n-1)k},$$

avec l'hypothèse (3) on a

$$(5) \quad \lambda_k = \lambda_{n-k}.$$

Dans ces conditions il y a $n/2 - 1$ valeurs propres doubles si n est pair, $(n-1)/2$ si n est impair; il en résulte que les vecteurs propres correspondants sont indéterminés : la matrice de Fortescue est donc une des matrices que l'on

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 113-115.

peut prendre. Sa conjuguée convient également comme nous allons le montrer. On observe en effet, que la ligne de rang $n - k$ de la matrice C est formée des termes conjugués de la ligne k et en prenant C^* on ne fait que permuter deux à deux les lignes de rangs k et $n - k$, ce qui est possible à condition de permuter les valeurs propres correspondantes. D'après (5) ces dernières permutations s'appliquant à des valeurs propres doubles, l'opération indiquée montre donc que C^* est une autre des matrices de transformation convenant à notre problème.

La forme la plus générale de la matrice de transformation est donc

$$(6) \quad D = mC + nC^*,$$

m et n étant deux constantes arbitraires, choisies néanmoins de façon que D soit normée.

Si l'on fait $m = 1$, $n = \pm \sqrt{-1}$, au facteur $(1 \pm \sqrt{-1})/2$ près on trouve pour D la matrice à termes réels que nous avons mise en évidence dans une Note précédente ⁽²⁾, dans le cas $n = 3$.

Parmi les matrices du type D il n'existe donc qu'une matrice à termes réels, à la fois orthogonale au sens euclidien et orthogonale au sens de la géométrie unitaire.

Il en résulte qu'il n'existe qu'une seule transformation conservant la puissance complexe et la puissance fluctuante.

Ces considérations sont susceptibles d'applications pratiques ⁽³⁾.

PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Sur l'origine des erreurs locales et les inégalités d'épaisseur des couches sensibles : étude photométrique, interférentielle et microscopique.* Note de M. GÉRARD DE VAUCOULEURS, présentée par M. Charles Fabry.

1. Les inégalités de noircissement (erreurs locales) d'une plaque photographique exposée à un éclairage uniforme ont des causes multiples ⁽¹⁾. La plus généralement admise parmi les théories que leur origine a suscitées, s'appuie sur les deux hypothèses suivantes :

1° les défauts de planéité de la surface du support occasionnent, lors du couchage, des inégalités corrélatives dans l'épaisseur de l'émulsion supposée s'étaler horizontalement;

2° les inégalités d'épaisseur de la couche sensible sont responsables des variations du noircissement, celui-ci devant être plus grand dans les régions de plus grande épaisseur correspondant aux dépressions de la surface du support.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 121.

⁽³⁾ Brevet français n° 495.520

⁽¹⁾ *Science et Industr. photographique*, 14, 11, 1943, pp. 152-155.

Cette théorie, d'après laquelle les erreurs locales seraient ainsi des « erreurs d'épaisseur de couche » (*Schichtdickenfehler*), principalement défendue par Eberhard, n'avait jamais fait l'objet que de vérifications très détournées (*loc. cit.*, p. 153) : une preuve cruciale directe lui manquait. Or les expériences suivantes, entreprises en vue de lui apporter cette preuve, établissent au contraire de façon décisive qu'elle est inacceptable et ne peut rendre compte des erreurs locales dans la plus grande partie du domaine des densités usuelles en photométrie photographique.

2. L'étude photométrique, avec un microphotomètre de Chalonge, de plaques $6,5 \times 9$ exposées à un éclairage uniforme derrière un cache métallique percé de 48 trous de 5 mm , régulièrement espacés de centimètre en centimètre, a permis de tracer, pour chacune d'elles, deux familles de courbes : (I) les courbes équidenses du fond, (II) les équidenses des plages (voile déduit) (*loc. cit.*, p. 201).

3. L'étude interférentielle des inégalités d'épaisseur de la couche sensible et des défauts de planéité du support *sur les mêmes plaques* a été faite photographiquement par le dispositif classique d'observation des franges d'égale épaisseur en lumière parallèle avec la radiation verte d'une lampe Philips à vapeur de mercure Philora HP 500 isolée par un filtre Wratten n° 74. Les franges se produisaient, dans le premier cas, par interférence des rayons réfléchis par les surfaces gélatine-air et gélatine-verre (interfrange $0^{\mu},18$), et, dans le deuxième, par interférence des rayons réfléchis sur la surface-support de la plaque préalablement dépouillée de la gélatine et sur la surface d'un verre plan-étalon appliqué à son contact sans contrainte (interfrange $0^{\mu},27$). Cela permet de tracer encore deux autres familles de courbes : (III) celles d'égale épaisseur de la couche, (IV) celles d'égale défaut de planéité.

4. L'étude comparative des quatre familles de courbes montre qu'il n'existe aucune corrélation permanente :

1° entre (I) et (II), les variations du fond et des plages sont indépendantes; on ne peut donc utiliser les premières pour corriger les secondes (*loc. cit.*, p. 200);

2° entre (III) et (IV), les inégalités d'épaisseur de la couche ne sont pas liées aux défauts de planéité du support; ceux-ci ne peuvent donc être la cause de celles-là. La première hypothèse citée est donc inacceptable;

3° entre (II) et (III), les erreurs locales du noircissement des plages sont sans rapport, au moins jusqu'à la densité 0,7, avec les inégalités d'épaisseur de la couche; les premières ne sauraient par suite être déterminées par ces dernières. La deuxième hypothèse est donc également inadmissible;

4° enfin, entre (I) et (III), on remarque quelques vagues analogies : les inégalités d'épaisseur de la couche seraient donc partiellement responsables des irrégularités du voile.

5. L'étude microphotographique, avec un Panphot Leitz, de la répartition

en profondeur des grains d'argent réduit dans l'épaisseur de la couche, faite sur des coupes minces de 5 à 10 μ gonflées ($\times 5$ environ) par immersion dans l'eau, par numération visuelle sur agrandissements ($\times 2000$ à 10000) ou par mesure photométrique des clichés avec une cellule à couche d'arrêt, rend facilement compte de ces résultats. Elle montre en effet que :

1° dans les plages, les grains sont fortement concentrés vers la surface de la couche, au moins jusqu'à la densité 1,5, la densité en grains étant déjà réduite à la moitié de la densité superficielle vers le milieu de la couche et au dixième au voisinage du fond; il est par suite impossible que les variations d'épaisseur de la couche aient une répercussion sensible sur le noircissement;

2° dans le voile au contraire, la densité en grains est sensiblement constante dans toute l'épaisseur de la couche; les variations de celle-ci doivent donc bien dans ce cas constituer une source d'irrégularités de noircissement.

FLUORESCENCE. — *Absorption de molécules organiques pendant l'excitation de leur fluorescence.* Note (1) de M. MICHEL HASSELMANN.

On admet que les bandes d'absorption des molécules organiques situées dans l'ultraviolet moyen sont dues essentiellement à des électrons conjugués et peuvent parfois être attribuées à des groupements fonctionnels.

La fluorescence est également sous la dépendance de la structure des molécules : la molécule de cotarnine, par exemple, qui ne diffère de la molécule fluorescente d'hydrastinine que par un radical $-\text{OCH}_3$ en plus, n'est pratiquement plus fluorescente.

Toute altération des molécules par tautométrie, par ionisation, modifie l'absorption aussi bien que la fluorescence. Nous avons fait l'hypothèse que toute modification moléculaire par absorption de photons (fluorescence) pourrait être accompagnée de modification de l'absorption. A la suite des travaux de Burke, Nichols et Merritt, en 1908, utilisant une méthode photométrique, avaient indiqué que « le verre d'urane devenait plus absorbant lorsqu'il est fluorescent que lorsqu'il ne luit pas ». Depuis, Metcalfe et Venkatesachar, en 1921, ont montré que l'absorption de la lumière par la vapeur de mercure rendue luminescente électriquement croît avec le pouvoir émissif de celle-ci. Transposant ces remarques dans le domaine des solutions, il nous a paru plausible qu'une excitation supplémentaire et importante de la fluorescence d'un corps donné provoque une modification de son spectre d'absorption dans l'ultraviolet.

Le spectre d'absorption ultraviolet est obtenu en utilisant un spectrographe à optique de quartz, éclairé par une lampe à hydrogène de Challonge et

(1) Séance du 16 août 1944.

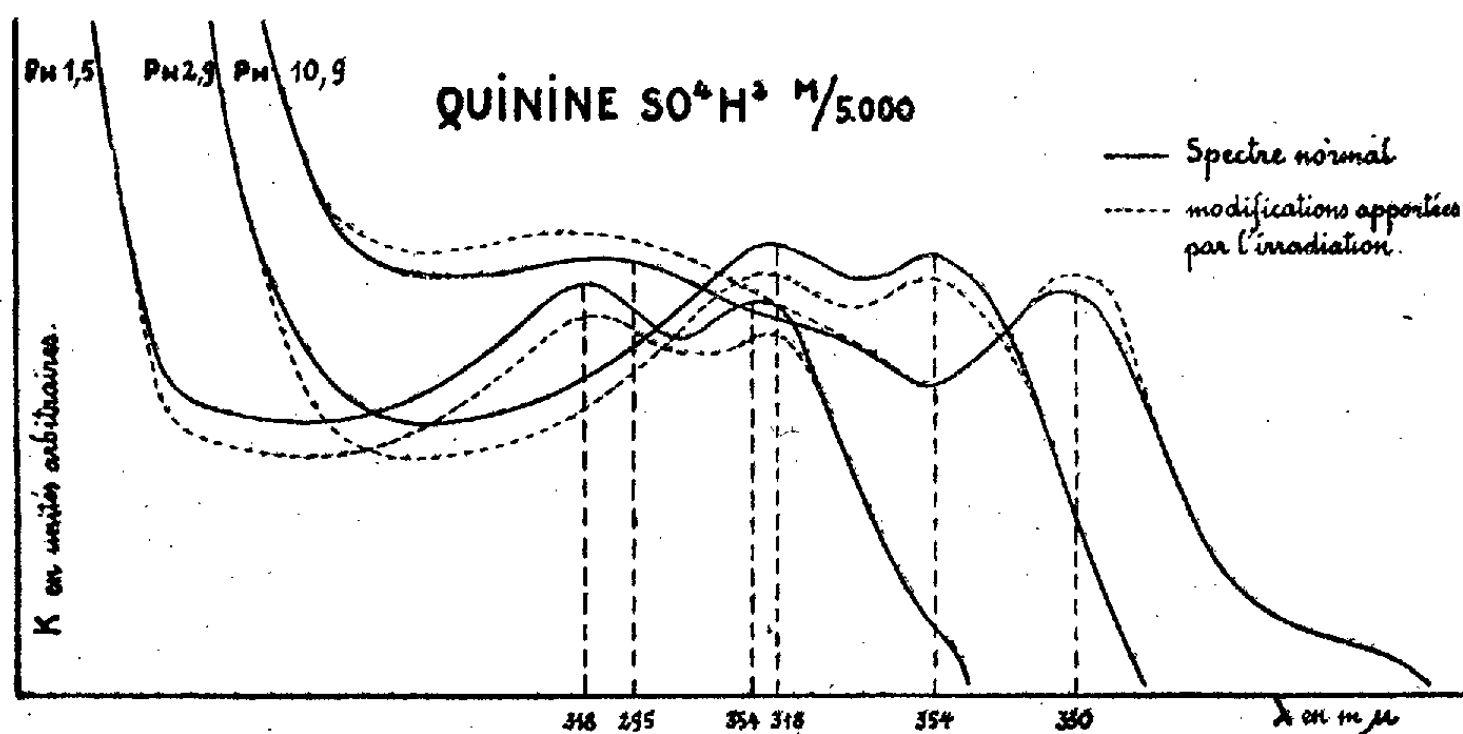
Lambrey. L'irradiation supplémentaire du corps étudié est provoquée par une lampe à vapeur de mercure.

Une cuve de 0^m,5 d'épaisseur à lames de quartz à faces parallèles est placée à 45° par rapport aux rayonnements émis par les deux sources, qui viennent se couper à angle droit sur sa face d'entrée. Un système d'ajutages appropriés permet aux solutions de s'écouler lentement pendant toute l'expérience, afin d'obvier aux perturbations que pourrait introduire, dans le spectre d'absorption, une dissociation même partielle des molécules.

Nous nous plaçons dans les conditions normales habituelles pour la bonne obtention des spectres d'absorption. Les lampes étant allumées, on obtient le faisceau excitateur pour obtenir le spectre d'absorption de comparaison, puis on réalise le deuxième spectre pendant l'excitation de la fluorescence : rien n'est changé ni dans l'éclat des sources lumineuses, ni dans la position de la cuve, ni dans le débit des liquides, ni dans le travail spectrographique. Les clichés sont lus au spectrophotomètre enregistreur, appareil particulièrement apte à la comparaison de spectres très peu différents.

Nous avons étudié ainsi le sulfate neutre de quinine en solution aqueuse, à une concentration de M/5000 et à différents pH :

Des pH acides jusqu'à la neutralité, l'irradiation supplémentaire provoque un affaîssement de tout le spectre, d'autant plus important que le pH est plus



petit : à pH 1,5 et 2,9, la diminution de la valeur du coefficient d'absorption est d'environ 14 %, pour devenir pratiquement nulle vers pH 6,3. Puis lorsqu'on dépasse la neutralité pour aller du côté des pH alcalins, région pour laquelle la fluorescence diminue considérablement, on observe un renversement du phénomène ; en effet la modification, dont l'amplitude varie entre 4 et 18 %, s'effectue dans le sens d'une augmentation du coefficient d'absorption *pour des régions limitées*, s'étendant entre 250 et 280, 300 et 314, 330 et 340 mμ. Le chlorhydrate basique de quinine, le chlorhydrate d'hydrastinine, la fluorescéine alcaline, l'acide salicylique, en solutions aqueuses et pour des concen-

trations variant entre M/5000 et M/25 000, ont également des zones d'absorption sensibles à l'action de l'irradiation. Par contre, dans les mêmes limites de concentration, des solutions aqueuses de théobromine, d'acide barbiturique, de chlorhydrate de morphine n'ont vu leur spectre subir aucune modification.

En admettant que le renouvellement des solutions pendant l'expérience ne constitue pas une garantie suffisante contre les possibilités d'une photolyse des molécules, il nous a suffi, entre autres essais, de reprendre les solutions responsables du spectre perturbé pour constater qu'en l'absence de toute irradiation nous réobtenions le spectre normal; cet effet ne peut donc être imputé à un phénomène de photolyse.

De l'étude de nombreux corps il découle que l'irradiation supplémentaire n'influe pas sur la forme du spectre d'absorption, et n'entraîne pas de glissements appréciables de bandes par rapport aux longueurs d'onde; mais, pour des parties plus ou moins étendues du spectre, souvent même pour tout le spectre, il se produit un changement dans la valeur du coefficient d'absorption; le changement s'effectue indifféremment dans le sens d'une augmentation ou d'une diminution, suivant le corps étudié et les conditions de pH dans lesquelles on se place.

RAYONS X. — *Sur l'étude des mélanges soufre-caoutchouc par microradiographie.*

Note de M. JEAN-JACQUES TRILLAT, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que la dimension des grains de soufre et leur répartition dans la masse du caoutchouc jouent un rôle important dans le processus de vulcanisation. Nous avons cherché à mettre au point une méthode simple permettant de suivre et de contrôler l'incorporation du soufre dans le caoutchouc; pour cela nous avons utilisé la méthode de microradiographie par transmission ⁽¹⁾. La gomme, préalablement mélangée à des proportions variables de soufre, est disposée entre deux feuilles minces de cellophane de 0^{mm},06 d'épaisseur, et pressée à une température de 50°-60°, l'épaisseur totale des échantillons (gomme, cellophane) étant fixée à 0^{mm},18. Les plaquettes ainsi obtenues sont disposées dans un châssis photographique assurant une adhérence parfaite avec le film spécial Lippmann utilisé dans cette technique. L'ensemble est exposé au rayonnement d'un tube scellé à foyer très fin et à anticathode cuivre, spécialement construit à cet effet et fonctionnant sous 8 kilovolts; dans ces conditions les raies K du cuivre ne sont pas excitées et ce sont des radiations de l'ordre de 2 Å qui agissent. La distance échantillon-foyer est de quelques centimètres; les temps de pose sont de 2 à 3 minutes. Les clichés obtenus peuvent être ensuite agrandis plusieurs dizaines et même plusieurs centaines de fois, s'il y a lieu.

Les échantillons examinés, préparés par l'Institut français du Caoutchouc,

⁽¹⁾ J.-J. TRILLAT, *Rev. Scient.*, IV, 1940, pp. 212-221; *Science et Ind. photog.*, 2, 1942, pp. 1-11.

étaient constitués par des mélanges gomme-soufre, la teneur de cet élément étant respectivement de 1-5-10-32 %.

Les examens ont d'abord été effectués sur des mélanges *avant* vulcanisation. Les grains de soufre apparaissent d'une façon particulièrement nette, du fait de l'absorption considérable des rayons X; l'étude des clichés après agrandissement permet de déterminer la répartition du soufre au sein de la gomme, l'homogénéité de la répartition, la dimension des grains, d'établir une courbe de répartition et de suivre l'influence de la durée du malaxage tant sur la taille des grains que sur leur distribution.

Les mêmes échantillons ont été étudiés *après* vulcanisation (6 h. à 143°); on peut de cette façon examiner soit l'influence de la teneur en soufre, soit l'influence de la durée de vulcanisation.

a. Influence de la teneur en soufre. — Alors qu'avant vulcanisation le soufre apparaît avec une grande netteté, il ne se décèle plus après vulcanisation; les radiographies présentent toutes une teinte grise uniforme, sur laquelle n'est visible aucune tache due au soufre, qui se répartit d'une façon homogène dans la masse élastique à l'état de soufre combiné (atomes de soufre formant *ponts* entre les macromolécules d'hydrocarbures). Aucune trace de soufre libre, non combiné, n'étant décelable, il faut en conclure que, pour cette durée et cette température de vulcanisation, tout le soufre se trouve pratiquement combiné.

b. Influence de la durée de vulcanisation. — Afin de suivre la combinaison progressive du soufre, nous avons effectué des essais sur des échantillons contenant initialement 32 % S, et vulcanisés 1/4 d'heure, 1/2 heure, 1 heure, 3 heures et 6 heures à 143°. Les radiographies permettent alors de suivre le processus de vulcanisation d'une façon particulièrement nette. Pour 1/4 d'heure de vulcanisation, la majeure partie du soufre libre apparaît sous forme de grosses gouttes plates de forme elliptique, dont la formation s'explique aisément par la température de vulcanisation (143°) provoquant la fusion du métalloïde. La comparaison de ce cliché avec le témoin non vulcanisé est particulièrement instructive à cet égard.

Pour une 1/2 heure, les résultats sont semblables, mais on constate déjà une diminution du nombre de gouttelettes, indiquant une combinaison plus accentuée du soufre avec la gomme. Après une heure de vulcanisation, les gouttes disparaissent totalement, mais on aperçoit quelques efflorescences d'apparence cristalline; ce phénomène a lieu, mais à un degré moindre pour une vulcanisation de 3 heures, et disparaît totalement pour des durées de vulcanisation supérieures. Ces efflorescences sont dues au soufre libre qui exsude de la gomme et recristallise à la température ambiante. On peut se demander pourquoi le soufre libre en gouttes ne présente pas cet aspect si particulier; cette question mériterait une étude spéciale, car il est probable que c'est sous l'influence des conditions physiques particulières que le soufre est susceptible de recristalliser en efflorescences.

La même méthode est applicable à l'étude de l'influence des accélérateurs et de la température de vulcanisation, ainsi qu'au contrôle de l'homogénéité de la répartition des charges; nous avons pu l'appliquer avec succès dans le cas de l'incorporation de pigments aux peintures et vernis.

ENGINS EXPLOSIFS. — *Procédé propre à diminuer les risques encourus au cours de l'ouverture et de l'étude d'engins explosifs* ⁽¹⁾. Note de M. ANDRÉ KLING.

Il me paraît opportun, dans les circonstances présentes, de faire connaître un procédé que j'ai imaginé et mis en œuvre, il y a quelques années, époque à laquelle commencèrent à se rencontrer assez fréquemment des engins terroristes comportant des systèmes d'amorçage *à temps* réalisés soit par des dispositifs chimiques, soit surtout par des agencements mécaniques.

J'ai eu plus spécialement l'occasion d'utiliser avantageusement ce procédé dans les cas où l'amorçage était assuré par la fermeture d'un circuit électrique, par l'intermédiaire d'un système d'horlogerie, ou par escamotage, au moment de l'ouverture de la boîte contenant la machine infernale, d'une cale isolante maintenant le circuit en position de sécurité.

Lorsqu'il se trouve en présence d'un engin explosif, l'opérateur chargé d'intervenir doit, non seulement s'efforcer, le plus rapidement possible, de le rendre inoffensif, mais encore de le démonter, de le disséquer afin d'en recueillir les éléments constitutifs dont les origines individuelles pourront ensuite être recherchées. Ce n'est que dans des cas tout à fait exceptionnels et en désespoir de cause qu'il pourra se résoudre à faire exploser l'engin, soit après l'avoir transporté en un lieu où l'opération puisse être effectuée sans dommages, soit, si le transport de l'engin s'avère comme trop dangereux; d'en provoquer l'explosion sur place, après avoir pris toutes dispositions propres à limiter, au maximum, les dégâts consécutifs à cette explosion.

La passionnante opération consistant à démonter et à désamorcer un engin est particulièrement délicate dans les cas où il appartient à l'une des catégories rappelées plus haut, car, en pareille occurrence, l'intervention malencontreuse des outils avec lesquels se poursuivront les démontages, risque de déclencher le fonctionnement du système d'amorçage, par exemple en provoquant la fermeture d'un circuit électrique destiné à porter au rouge le filament contenu dans l'amorce électrique du détonateur, ou encore la mise au contact accidentelle des éléments constitutifs d'un système d'amorçage chimique.

Pour éviter ces inconvénients, aux conséquences presque toujours fatales pour l'opérateur, il faut s'efforcer de réaliser, d'avec le détonateur de l'engin,

⁽¹⁾ Document retiré du pli cacheté n° 11.858, déposé le 28 septembre 1942, ouvert à la demande de l'auteur le 5 mars 1945.

la séparation des éléments excitateurs de l'amorce et ce par une opération effectuée en un temps suffisamment court pour que ladite excitation, si elle est provoquée accidentellement, ne puisse produire d'effet utile. Dans le cas d'amorçage électrique il faudra, par conséquent, que la durée de fermeture éventuelle du circuit, lors de la section des conducteurs d'amenée du courant, soit insuffisante à produire une élévation de température du filament de l'amorce électrique, par conséquent que le débit de la source électrique soit limité à une durée infiniment petite. De même, dans le cas d'un amorçage chimique, il faudra que les éléments constitutifs de ce dernier ne puissent venir en contact que dans des conditions telles qu'ils soient hors d'état d'assurer une excitation efficace.

En vue de réaliser ces desiderata j'ai imaginé d'utiliser la notable vitesse de propagation de l'onde explosive d'un cordeau détonant, type Sevrans, à la mélinite (vitesse de propagation de l'onde explosive : 6880 mètres-seconde) et celle de l'onde de choc qui accompagne cette dernière, qui, dans certains cas, dans les supports inertes qu'elle parcourt, possède une vitesse encore supérieure à celle de l'onde explosive. C'est cette onde de choc, convenablement dirigée, que j'ai chargée de sectionner l'engin en deux tronçons, l'un contenant le système d'amorçage, l'autre la masse explosive munie de son détonateur. Ce système de sectionnement est réalisé au moyen d'une boucle de cordeau détonant, se situant dans un plan orienté de telle sorte que l'onde de choc émanant du cadre de la boucle coupe brusquement les conducteurs électriques partant de la source électrique, ou sectionne les conduits destinés à assurer la rencontre des éléments constitutifs des amorçages chimiques.

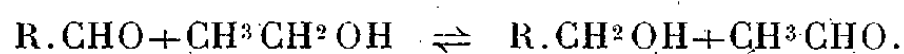
Pour guider les opérations on s'aide d'un nécessaire radiographique, contenu dans une mallette aisément transportable et aménagée de manière à pouvoir orienter le faisceau de rayons X dans toutes directions autour de l'engin, lequel est déposé sur une planchette au-dessus de l'ampoule. La projection radioscopique est reçue sur un écran fluorescent; mais, comme fréquents sont les cas où l'examen d'un engin doit être effectué en pleine lumière, l'appareillage est complété par adjonction d'une petite chambre noire, à deux oculaires, que l'opérateur se fixe sur la tête, chambre noire dont le fond opposé aux oculaires est constitué par un mince volet en aluminium doublé intérieurement par un écran radioscopique. L'appareillage que j'ai fait établir sur ces données est peu encombrant; il est aisément transportable dans une voiture de tourisme, il peut, en outre, être alimenté au moyen d'une prise de courant branchée sur l'un des branchements du secteur électrique.

De la sorte, l'opérateur est donc à même de se rendre compte des détails de construction de l'engin et de disposer la boucle de son cordeau dans les conditions les plus favorables, même lorsque les engins de moyenne dimension, qui sont ceux sur lesquels on a le plus fréquemment à opérer, comportent des enveloppes métalliques de quelques millimètres d'épaisseur.

Il va sans dire qu'ayant pratiqué l'examen radioscopique de l'engin, et avant de le soumettre au sectionnement au moyen du cordeau détonant, l'opérateur doit toujours s'efforcer d'en prendre une photographie et une radiographie pour le cas où, en raison de circonstances exceptionnelles, la détonation du cordeau viendrait à entraîner celle de l'explosif de chargement. Mais, pour ma part, je n'ai, dans aucun cas, eu à déplorer cet accident, car, en général, les masses de chargement contenues dans les engins sont constituées par des explosifs peu sensibles au choc, qui, en vue de l'obtention d'un rendement maximum, sont utilisés sous la densité de chargement la plus grande possible, condition qui accroît encore leur stabilité. De plus, grâce à des tours de main appropriés, il est toujours possible d'opérer de telle sorte que l'on utilise au mieux l'onde explosive pour réaliser le cisaillement des engins, tout en se plaçant dans des conditions les moins favorables à une excitation, par l'onde de choc produite par la détonation du cordeau détonant, de la masse explosive principale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques hydrogénations au moyen du dérivé aluminique du butanol-2.* Note de M. **RENÉ FERRIER**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1925, Verley ⁽¹⁾ proposa une nouvelle méthode d'hydrogénation des aldéhydes et des cétones, basée sur la remarque suivante : si l'on met un de ces corps au contact d'éthylate d'aluminium, en présence d'un excès d'alcool éthylique, il se forme un dégagement abondant d'aldéhyde acétique et tout se passe comme si l'aldéhyde avait échangé sa fonction avec la fonction alcool de l'éthanol :



D'autres applications de la méthode ont été faites, les unes employant le méthylate d'aluminium ⁽²⁾, les autres, plus nombreuses, l'isopropylate d'aluminium ⁽³⁾. Cette méthode, qui n'intéresse que le groupement carbonyle, a pour avantage de conduire aux carbinols correspondants sans modifier d'autres parties de la molécule, telles que liaisons éthyléniques, groupements nitré et halogéné.

La facile préparation du dérivé aluminique du butanol-2 m'a conduit à rechercher si ce composé pouvait être utilement employé en remplacement de ces homologues inférieurs. L'alcool butylique secondaire rectifié avec soin

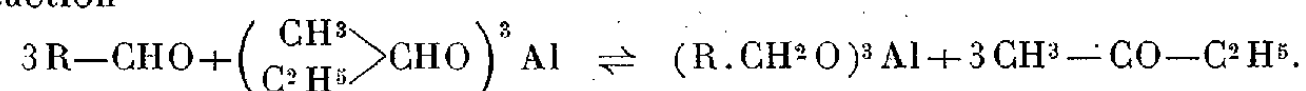
⁽¹⁾ *Bull. Soc. Chim. France*, 37, 1925, pp. 537 et 871.

⁽²⁾ MEERWEIN et SCHMIDT, *Ann. der Chem.*, 444, 1925, pp. 221-238.

⁽³⁾ J. DŒUVRE, *Bull. Soc. Chim. France*, 1, 1934, p. 201; YOUNG-HARTUNG et CROSSLEY, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, pp. 100-102; H. LUND, *Ber. d. chem. Ges.*, 70, 1937, pp. 1520-1525.

dissout très aisément l'aluminium, si l'on ajoute au mélange métal-alcool de très faibles quantités de chlorure ou mieux d'iodure mercurique (moins de 1/500 du poids d'aluminium). Une solution à 5 % de métal se conserve bien en flacon soigneusement bouché.

La conduite de l'hydrogénation se résume ainsi. L'aldéhyde ou la cétone à transformer est dissoute dans le butanol secondaire, puis ajoutée au réactif mis en quantité suffisante pour la réaction



Par distillation lente on élimine la méthyléthylcétone formée en suivant cette élimination à l'aide de la 2-4 dinitrophénylhydrazine. On concentre sous pression réduite jusqu'à consistance sirupeuse; puis la masse refroidie est additionnée d'alcool à 95° ou d'éther aqueux en quantité nécessaire pour libérer le carbinol de sa combinaison aluminique. La masse perd sa transparence, abandonne un précipité pulvérulent d'alumine, cependant que le carbinol passe en solution. On essore et lave l'alumine à l'alcool à 95° ou à l'éther. Les solutions sont distillées et le carbinol est purifié par cristallisation ou rectification. J'ai ainsi hydrogéné : cyclohexanone, méthylbenzylcétone, benzophénone, fluorénone, bromo-4 benzophénone, méthyl-6 heptène-6 one-2, aldéhydes *ortho*-, *méta*- et *para*-nitrobenzoïques, aldéhyde cinnamique, aldéhyde salicylique. Les rendements en carbinols sont consignés dans le tableau ci-dessous.

	%.		%.
Cyclohexanol.....	75	Alcool nitrobenzylique <i>ortho</i>	85
Méthylbenzylcarbinol.....	69	» <i>méta</i>	75
Benzhydrol.....	95	» <i>para</i>	96,5
Fluorénol.....	100	Méthyl-4 pentène-3 ol-2.....	23
Bromo-4 benzhydrol.....	84	Phényl-1 butène-1 ol-3.....	28
α -bromobornéol.....	50	Méthyl-6 heptène-6 ol-2.....	76
Alcool salicylique.....	74	Alcool cinnamylique.....	70

Ordinairement les carbinols formés sont libérés de leur combinaison avec le métal soit par l'acide sulfurique, soit par la soude, soit par l'eau. J'ai trouvé préférable de provoquer cette décomposition par l'action moins brutale de l'alcool à 95° ou de l'éther humide. L'alumine qui prend naissance dans ces conditions est pulvérulente et l'isolement du produit attendu est aisé sans risques d'altération par un acide fort ou un alcali. J'ai pu ainsi isoler les produits d'hydrogénation de cétones non saturées, sans déshydratation ou de cétones halogénées en évitant la séparation de l'halogène. Cependant, pour des composés tels que l'oxyde de mésityle ou la benzylidène acétone, les rendements sont faibles du fait d'une résinification partielle.

J'ai réussi à préparer, à partir de l' α -bromocamphre, l' α -bromobornéol droit F 58°, $\alpha_D + 85^\circ, 15$ (en solution à 10 % dans l'alcool absolu), peu stable à l'état libre, stable à l'état d'ester benzoïque F 84°.

L'aldéhyde salicylique fournit dans les conditions indiquées la saligénine. Il est donc possible, contrairement à des indications de Meerwein (⁴), d'hydro-

(⁴) MEERWEIN et coll., *J. prakt. Chem.*, 147, 1936, pp. 211-225.

gérer avec un alcoolate d'aluminium les aldéhydes à fonction phénol, en notant toutefois que la quantité de réactif doit être plus grande, une partie de l'aluminium se fixant sur le groupement phénolique. La décomposition de la combinaison métallique a été faite dans ce cas par l'acide sulfurique étendu.

D'après ce qui précède le butylate secondaire d'aluminium se comporte comme ses homologues déjà étudiés et peut être d'emploi facile pour l'hydrogénation des aldéhydes et des cétones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques acides éthers alicycliques.*

Note de M. **MAX MOUSSERON**, présentée par M. Marcel Delépine.

Cette étude est consacrée à la préparation et à la détermination de quelques constantes physiques d'acides éthers en C⁵ et C⁶. Nous avons étendu la technique préconisée par Sommelet (¹), en traitant un alcoolate de sodium

	É/mm.	n_D^{25}	d_{25}	K.
Acide cyclopentyloxyacétique.....	147 (11)	1,4610	1,115	2,00 · 10 ⁻⁴
Ester méthylique.....	198 (760)	1,4430	1,045	—
Acide cyclopentyloxy-2 propionique.....	148 (25)	1,4530	1,065	—
Ester méthylique.....	170 (760)	1,4402	0,997	—
Acide cyclohexyloxyacétique.....	165 (25)	1,4691	1,087	1,90
Ester méthylique.....	110 (18)	1,4510	1,033	—
Acide cyclohexylméthyloxyacétique.....	F 37°	—	—	1,25
» (méthyl-1 cyclohexyl) oxyacétique.....	F 76°	—	—	—
» (» -2 ») ».....	152 (11)	1,4644	1,070	1,60
» (» -3 ») ».....	154 (11)	1,4630	1,058	—
» (» -4 ») ».....	F 40°	—	—	—
» cyclohexyloxy-2 propionique.....	145 (11)	1,4615	1,060	2,30
Ester méthylique.....	215 (760)	1,4395	1,001	—
Acide cyclohexyloxy-2 méthyl-2 propionique...	{ 170 (15)	—	—	2,25
» tétrahydronaphtyloxyacétique.....	{ F 74°	—	—	—
» décahydronaphtyloxyacétique.....	F 118°	—	—	—
» » » » ».....	F 93°	—	—	2,30
Ester méthylique.....	165 (15)	1,4748	1,030	—
Acide cyclopentylthioacétique.....	140 (25)	1,5110	1,1420	—
» cyclohexylthioacétique.....	160 (25)	1,5191	1,1487	3,25
Ester méthylique.....	246 (760)	1,4943	1,093	—
Acide cyclohexylsélénioacétique.....	180 (20)	—	—	6,50
» méthyl-3 cyclohexyloxyacétique <i>cis</i>	$[\alpha]_{540} -28^{\circ},35$	$[\alpha]_{579} -23^{\circ},50$		1,40
» » » » » <i>trans</i>	-17°,64	-15°,74		1,55

par l'acide monochloracétique en milieu xylénique vers 140° et en utilisant une proportion double d'alcoolate; après purification, on isole avec un bon rendement toute une série d'éthers d'oxyacides, caractérisés le plus souvent par leurs esters méthylique et éthylique, leurs amides; seul l'acide cyclohexyloxy-

(¹) *Thèses de Sciences*, Paris, 1906.

acétique avait été obtenu par une autre voie par Palfray et Sabetay ⁽²⁾. Certains dérivés sulfurés, tels que l'éthyloïque thiocyclohexane, sont isolés selon Ramberg ⁽³⁾ dans des conditions identiques à partir du dérivé sodé du thiol; il en est de même pour le sélénol correspondant.

Action de l'oxygène et du soufre. — La comparaison entre l'acide cyclohexane acétique ($2,36 \cdot 10^{-5}$) et l'acide cyclohexyloxyacétique ($1,9 \cdot 10^{-4}$) montre une exaltation de la constante de dissociation provoquée par l'introduction de l'oxygène; l'augmentation est encore plus élevée pour l'acide cyclohexylthioacétique ($3,25 \cdot 10^{-4}$) et pour l'acide cyclohexylsélénioacétique ($6,50 \cdot 10^{-4}$). Certaines de ces valeurs se rapprochent de celles trouvées pour les acides acycliques.

Influence des substitutions, des cycles. — L'allongement de la chaîne provoque une faible diminution de la dissociation; au contraire, si le groupe méthyle se trouve sur la chaîne, la variation est moins élevée. Le remplacement du cycle en C⁵ par le cycle en C⁶ n'amène pas de changement sensible ($2,0$ et $1,9 \cdot 10^{-4}$); on sait du reste que l'acide cyclopentane carboxylique a un coefficient voisin de l'acide cyclohexane carboxylique ($1,24$ et $1,34 \cdot 10^{-5}$). Le noyau décahydro-naphtalénique apporte une faible augmentation de la constante de dissociation vis-à-vis du cycle en C⁶ ($2,3$ et $1,9 \cdot 10^{-4}$).

Influence de la stéréoisomérisie. — Elle s'exerce de façon peu sensible; ainsi, pour les acides méthyl-3 cyclohexane carboxyliques que nous avons étudiés, on trouve $2,40 \cdot 10^{-5}$ pour le *cis* et $2,70 \cdot 10^{-5}$ pour le *trans*; il en est de même pour les acides méthyl-3 cyclohexyloxyacétiques: *cis*, $1,40$; *trans*, $1,55 \cdot 10^{-4}$.

Notons en outre que l'introduction d'une double liaison paraît exalter la constante de dissociation; ainsi, pour l'acide méthyl-3 cyclohexane-2 propionique, $K = 2,60 \cdot 10^{-5}$; pour l'acide méthyl-3 cyclohexène-2 propionique, $K = 3,05 \cdot 10^{-5}$.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Caractères cytologiques remarquables d'une Spirogyre.*

Note (1) de M. **MARIUS CHADEFAUD**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'espèce faisant l'objet de la présente Note, trouvée en juin à Beauvais, et malheureusement demeurée stérile, est au moins voisine de *Spirogyra neglecta* (Hassal) Ktz. Comme celle-ci elle présente dans chacune de ses cellules trois chloroplastes rubanés, formés d'une sorte de nervure longitudinale médiane, intensément verte, contenant les pyrénoïdes, et de deux ailes latérales lobées. De plus chacun de ces rubans est plié longitudinalement sur lui-même, selon sa nervure, de telle sorte que celle-ci forme carène vers l'intérieur

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, 43, 1928, p. 900.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2588.

(1) Séance du 19 mars 1945.

du corps cellulaire, et qu'il existe entre les ailes et la paroi de la cellule un espace extra-plastidial.

Les observations cytologiques, effectuées soit *in vivo*, avec ou sans l'aide de colorants vitaux, soit après fixation mitochondriale (Zenker-formol), puis coloration à l'hématoxyline ferrique, soit enfin après traitement par la solution iodo-iodurée, ont conduit à quelques résultats remarquables, que voici :

a. Existence de deux catégories de vacuoles. — De grandes vacuoles *intra-plastidiales*, occupant toute la partie interne du corps cellulaire, et de petites vacuoles *extra-plastidiales*, logées dans les espaces extra-plastidiaux, ci-dessus définis. Ces dernières, plus riches en tannoïdes, sont manifestement en association fonctionnelle avec les rubans plastidiaux, et fournissent ainsi un nouvel exemple de *synergie* entre appareils plastidial et vacuolaire, s'ajoutant à plusieurs autres, que j'ai décrits chez des OEdogones, des Eugléniens, des *Polytoma*. D'autre part elles rappellent, par leurs fonctions, les corps physoïdes tannifères des *Zygnema* et *Mougeotia*, également associés aux chloroplastes. Mais elles n'ont aucunement l'aspect de ceux-ci, et ne diffèrent des vacuoles intra-plastidiales, avec lesquelles elles peuvent d'ailleurs communiquer, que par leur taille plus petite et leur richesse plus grande en tannins. Au surplus rien n'indique que les corps physoïdes dérivent de telles vacuoles, qu'ils ne font que remplacer.

b. Existence de deux phases cytoplasmiques, bien distinctes sur le vivant. — Une *phase générale claire*, dans laquelle est incluse une *phase locale sombre*. Celle-ci est localisée sous les ailes des plastes, mais, au gré des mouvements de cyclose, elle peut, en se déformant sans cesse et en s'étirant, déborder largement celles-ci, et former des tractus allant d'un ruban plastidial à l'autre. Elle contient les mêmes inclusions que la phase claire, notamment des chondriosomes. Elle devient presque indistincte dans les préparations mitochondriales. Un tel diphasisme rappelle celui qui s'observe chez certains Protozoaires, mais je ne pense pas qu'il ait été signalé, du moins de façon aussi nette, chez aucune Algue.

c. Existence de deux sortes de chondriosomes. — Les mitochondries *granaires*, nombreuses, accompagnées de mitochondries *bacillaires*, bien moins abondantes. Les unes et les autres sont rangées de préférence sous les ailes des plastes, comme le cytoplasme sombre, mais sans être forcément incluses dans celui-ci. On en voit aussi autour du noyau, et dans les tractus reliant le cytoplasme périnucléaire au cytoplasme pariétal. Ces deux catégories sont connues chez d'autres Spirogyres, où les mitochondries granaires ont été assimilées à de simples *grana* cytoplasmiques par P. Dangeard. Mes préparations me permettent au contraire d'affirmer qu'elles sont bien mitochondriales, au même titre que les bacillaires, comme l'a d'ailleurs déjà indiqué G. Mangenot. D'autre part ces deux catégories mitochondriales font penser à la coexistence d'un appareil mitochondrial et d'un appareil de Golgi chez les *Microspora* et

Œdogonium. Mais rien n'indique que l'une d'elles soit golgienne, et l'on peut penser qu'on n'a là rien de plus qu'un exemple d'individualisation de deux sortes de chondriosomes, à rapprocher de ce qui s'observe chez certaines Diatomées, et de l'individualisation de deux sortes de plastes chez les *Caulerpa*.

d. Existence dans le noyau de corps épinucléolaires ayant l'allure d'euchromocentres. — Ces corps, visibles *in vivo* et sidérophiles, sont d'une autre nature que le nucléole lui-même. Ce sont de petites masses plan-convexes, accolées au nucléole par leur face plane. Ils rappellent beaucoup les euchromocentres épinucléolaires décrits par P. Dangeard chez certaines plantes supérieures, mais ils ne coexistent pas avec des euchromocentres périphériques, et leur comportement pendant la mitose n'a malheureusement pu être étudié. Si ce sont bien des euchromocentres, en se remémorant que ceux-ci correspondent aux points d'insertion des chromosomes, on peut les interpréter en admettant que les chromosomes des Spirogyres, comme d'ailleurs ceux des animaux, notamment les Drosophiles, sont insérés non sur la membrane nucléaire, mais sur le nucléole central, qu'ils contribuent sans doute à élaborer. D'autre part, comme ils représentent la seule partie bien distincte de l'appareil chromosomien dans le noyau au repos, et comme on conçoit qu'autour du nucléole ils pourraient confluer et perdre leur individualité, ils permettent de comprendre ce que doivent être les protocaryons, dans lesquels nucléole central et chromatine sont réunis en une seule masse, le caryosome.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Influence de l'acide salifiant l'ammoniaque sur les qualités nutritives ou toxiques des sels ammoniacaux vis-à-vis de deux Aspergillacées.*

Note de M. JEAN RÉGNIER, M^{lle} SUZANNE LAMBIN et M. MAURICE DUBOST, présentée par M. René Souèges

L'un de nous, avec ses collaborateurs, a mis en évidence, au cours de ces dernières années ⁽¹⁾, l'influence qu'exerce l'anion des sels de certains alcaloïdes sur leur action pharmacodynamique, influence qui a été retrouvée sur la cellule végétale avec les sels des mêmes acides combinés à des bases colorantes ⁽²⁾. Cette action est liée à la plus ou moins grande facilité de passage de ces composés à travers les membranes limitantes des cellules vivantes. Les sels ammoniacaux étant voisins des sels alcaloïdiques, il était intéressant de rechercher si la nature de l'acide combiné à l'ammoniaque était capable de modifier les propriétés nutritives du sel vis-à-vis des moisissures.

Nous avons mis successivement en essai l'*Aspergillus niger* van Tieghem, puis l'*Aspergillus repens* de Bary. Les milieux de culture utilisés étaient :

⁽¹⁾ J. RÉGNIER et R. DAVID, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1428; J. RÉGNIER, R. DAVID et R. DELANGE, *ibid*, 202, 1936, p. 591; *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 1937, 1939, 1943.

⁽²⁾ S. BAZIN, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 183.

1° pour étudier les propriétés nutritives des composés, le milieu de Raulin, modifié de telle sorte qu'un seul sel ammoniacal y apportât la quantité totale d'ammoniaque présente dans le milieu type, et dont le pH initial était maintenu à pH 3,2 par introduction d'acide tartrique ou de l'acide intervenant dans la constitution du sel; les pH, après culture ou après un temps suffisant de mise à l'étuve, étaient également mesurés;

2° pour étudier le degré de toxicité des sels ammoniacaux et des acides constitutants, le milieu de Sabouraud, qui offrait comme source d'azote, invariable en qualité et en quantité, la peptone.

Les acides des sels d'ammoniaque utilisés étaient des acides minéraux (acide chlorhydrique et, de plus, pour la recherche de la toxicité, acides sulfurique et phosphorique) et des acides organiques : acides ayant dans leur chaîne des fonctions polaires, COOH ou OH alcoolique (succinique, tartrique, gluconique, citrique) et acides sans fonction polaire supplémentaire, à chaîne droite ou ramifiée, soit aliphatique (propionique, butyrique, valérique, caproïque, isobutyrique, diéthylacétique), soit aliphatiques-cycliques (phénylacétique, phénylpropionique, phénylbutyrique, phénylbutylacétique).

Les faits constatés ont été les suivants :

1° Sur milieu de Raulin modifié, le chlorhydrate d'ammoniaque et les sels ammoniacaux d'acides à chaînes pourvues de fonctions supplémentaires ont donné, avec l'un ou l'autre organisme, de bons résultats (par exemple avec l'*Aspergillus repens*, sur 150^{cm³} de milieu ajusté avec l'acide du sel, pour le citrate, sel le moins favorable, 2^g,15). Par contre les sels ammoniacaux à acides privés de groupements supplémentaires n'ont permis aucune récolte. La variation des pH ne permet pas d'expliquer à elle seule les phénomènes constatés.

2° Sur milieu de Sabouraud, en faisant varier la quantité de sel ammoniacal, les trois sels minéraux ont permis de bonnes récoltes même aux doses de 5^g pour 150^{cm³} de milieu. Il en est de même pour les sels d'acides à fonctions supplémentaires. Les sels d'acides sans fonctions supplémentaires ont donné, pour des doses très faibles (0^g,01 pour 150^{cm³} de milieu), des cultures nettes, mais ont produit, pour des doses supérieures à ce titre, un affaiblissement très rapide, puis un anéantissement de la récolte. Pour presque tous ces sels, la dose de 0^g,30 pour 150^{cm³} de milieu, marque l'arrêt de la culture. Si l'on envisage la toxicité croissante, on trouve pour les sels aliphatiques l'ordre suivant, où l'on remarquera la différence de toxicité entre isobutyrate et butyrate, bien que les acides soient isomères, et entre coproate et diéthylacétate : isobutyrate, caproate, valérianate, propionate, butyrate et diéthylacétate (arrêt avec 0^g,10 de ce dernier sel pour 150^{cm³}), et, pour les sels aliphatiques-cycliques : phénylacétate, phénylpropionate, phénylbutyrate et phénylbutylacétate (arrêt avec 0^g,05 de ce dernier sel pour 150^{cm³}).

3° Sur milieu de Sabouraud, les acides eux-mêmes introduits en quantités

croissantes ont donné des résultats identiques à ceux obtenus avec les sels. Les acides dépourvus de fonctions supplémentaires se sont montrés nettement plus toxiques que les acides présentant ces fonctions. Nous devons signaler, en outre, la toxicité plus grande de l'acide sulfurique, et surtout de l'acide chlorhydrique, que de l'acide phosphorique.

Conclusions. — Parmi les sels ammoniacaux organiques offerts comme aliments à des Aspergillacées, les sels d'acides à fonctions polaires supplémentaires (OH alcoolique, COOH) se sont comportés comme de bons aliments. Les acides correspondants ne se sont pas montrés toxiques. Au contraire, les sels d'acides dépourvus de fonctions polaires se sont montrés inutilisables comme éléments nutritifs. Les acides correspondants ont manifesté une nette toxicité à l'égard des végétaux mis en essai.

De tels résultats peuvent être rapprochés de ceux qui ont été trouvés dans l'étude pharmacodynamique des sels d'alcaloïdes. Ils montrent que les cellules vivantes sont sensibles à la constitution, indifférente ou polaire, de l'acide salifiant la base, que cette dernière soit l'ammoniaque ou soit une molécule alcaloïdique. Ces résultats sont d'autant plus curieux que les sels organiques d'alcaloïdes sont, comme nous l'avons montré, ionisés ⁽³⁾ et qu'il en est très vraisemblablement de même pour les sels ammoniacaux.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la fleur du Pistia Stratiotes L.*

Note de M. PAUL JAEGER, présentée par M. Auguste Chevalier.

Mes observations sur *Pistia Stratiotes*, plante acaule, stolonifère et flottante de la famille des Aracées, ont porté sur des individus ramenés de Bamako en novembre 1943 et déposés dans un bassin au jardin botanique de l'Institut français d'Afrique Noire à Dakar. Les plantes ont survécu jusqu'à ce jour, fleurissant pendant la plus grande partie de l'année et fructifiant normalement.

Pendant la saison des pluies l'appareil végétatif montre des signes d'une vie végétative intense. Les rosettes remplissent la totalité de la place qui leur est offerte; elles sont serrées les unes contre les autres et leurs feuilles atteignent une longueur de 10 à 12^{cm}. Les spathes, toujours nombreuses, mesurent jusqu'à 2^{cm} de long.

Pendant la saison sèche, qui est en même temps la saison froide, les plantes dénotent un véritable état de souffrance, se traduisant par une réduction de la taille des organes. Les rosettes ne couvrent plus qu'une fraction de la place qu'elles occupaient pendant la saison précédente et les feuilles n'ont plus que 1 à 4^{cm} de long sur 1 à 2^{cm} de large. Malgré cet état précaire la floraison, quoique faible, se poursuit; les fleurs, elles aussi ont diminué de taille (8 à 10^{mm} de

(³) J. RÉGNIER, M. ARDITI, S. BAZIN et S. CHANTEREAU, *C. R. Soc. Biol.*, 133, 1941, p. 1505.

long). Avant même l'installation de la saison pluvieuse, en avril-mai, quand la courbe thermique commence à s'accroître, les plantes reprennent leur aspect normal.

L'inflorescence du *Pistia* est abritée à l'intérieur d'une spathe axillaire; elle est en forme de capuchon, de section ogivale d'un vert pâle et garnie extérieurement d'un système pileux formé de deux catégories de poils pluricellulaires unisériés; elle est glabre à l'intérieur. La base de l'organe, comme d'ailleurs la base des feuilles, est constamment humide. Jusqu'au moment de la floraison cet organe reste fermé, les bords des deux lèvres étant étroitement appliquées l'une contre l'autre. La spathe comporte un étranglement médian divisant la cavité interne en deux chambres superposées. La chambre supérieure renferme les fleurs mâles, la chambre inférieure héberge l'unique fleur femelle.

L'inflorescence mâle s'insère sur la nervure médiane de la spathe par l'intermédiaire d'une colonne entourée à la base par une sorte de collerette d'un vert vif simulant un périanthe. Au sommet de la colonne un verticille de 5 à 10 fleurs apérianthées, chacune d'elles réduite à 1, 2 ou 3 anthères biloculaires et soudées latéralement. L'inflorescence femelle est réduite à un ovaire s'insérant sur la même génératrice que l'appareil mâle. Ovaire et style présentent une courbure à concavité supérieure amenant le stigmate au voisinage de l'inflorescence mâle. L'ovaire uniloculaire comporte un placenta pariétal légèrement allongé suivant l'axe et adossé contre la paroi dorsale de la spathe; il supporte de nombreux ovules orthotropes.

Les organes sexuels arrivés à maturité, la spathe s'épanouit. Tantôt c'est la chambre mâle, tantôt la chambre femelle qui s'ouvre la première. La chambre femelle étant seule épanouie, on n'aperçoit du dehors que la portion terminale du style, surmontée d'un stigmate d'un éclat gris caractéristique. Les papilles stigmatiques, nombreuses, allongées et serrées les unes contre les autres, sont dépourvues de pollen à ce stade de l'anthèse.

Dans le cas où la chambre supérieure s'ouvre la première, on aperçoit du dehors une partie des fleurs mâles dont les étamines sont le plus souvent débiscentes. A cette ouverture partielle de la spathe fait bientôt suite l'ouverture totale; on peut alors voir le stigmate entrer en contact avec les anthères les plus proches. L'inflorescence héberge une faunule: oligochète, acarien, collemboule, pucerons (Th. Monod, *det.*). Les grains de pollen sont ellipsoïdes et mesurent environ 40^μ dans le sens du plus grand diamètre. Ils comportent un ensemble régulier de saillies et de creux orientés suivant les méridiens. Le cytoplasme du grain est chargé d'amidon (eau iodée).

L'ovaire présente cette double particularité qu'il est rempli d'une substance visqueuse, incolore et que, contrairement au cas habituel, il ne constitue pas une cavité close. En effet le style est creux et un canal d'un diamètre minime occupe l'axe du stigmate, établissant une communication entre la cavité ovarienne et le milieu extérieur.

Origine du liquide intraovarien. — La substance mucilagineuse intraovarienne est sécrétée par le rebord du placenta. Cet anneau périplacentaire à activité sécrétrice est séparé à la fois du placenta et de la paroi ovarienne par des sillons. La première assise de cet organe est formée de cellules hautes, cylindriques, droites ou légèrement incurvées, de 40 à 50 μ de long. Le noyau est situé dans la moitié supérieure de la cellule. L'extrémité apicale de ces *poils* est caractérisée par une membrane particulièrement épaisse qui semble en voie de gélification; elle se colore en bleu violet par l'hématoxyline de Delafield.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme du glycérol chez les Rhodophycées.* Note de M. JEAN FELDMANN et M^{me} GENEVIÈVE FELDMANN, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'absence de gouttelettes graisseuses dans le cytoplasme des Rhodophycées constitue l'un des caractères les plus remarquables des cellules de ces algues. Déjà remarquée par G. Mangenot⁽¹⁾ chez les Rhodophycées qu'il avait étudiées, cette absence a été également observée par l'un de nous⁽²⁾ chez toutes les Céramiacées de la Méditerranée. Depuis, nous avons eu l'occasion, par l'examen de nombreuses espèces de Rhodophycées, appartenant aux divers ordres, de constater la généralité de cette absence dans ce groupe. Chez un certain nombre d'espèces on observe toutefois des gouttelettes fortement réfringentes, noirissant plus ou moins intensément par l'acide osmique. Ces gouttelettes osmiphiles sont particulièrement volumineuses dans les cellules externes de *Placodium coccineum* et de *Laurencia obtusa*, où leur structure est d'ailleurs plus complexe. Mais, dans ces deux espèces comme dans toutes celles qui renferment des gouttelettes osmiphiles réfringentes, les autres réactions microchimiques montrent qu'elles ne sont pas constituées de lipides. Elles ne se colorent pas par le Soudan III, mais vitalement par le bleu de crésyle; elles se dissolvent dans l'alcool, le formol, l'acide acétique. Elles se gonflent puis éclatent dans les solutions hypotoniques. Bien que nous n'ayons pu établir jusqu'ici la nature chimique de ces gouttelettes réfringentes, il est bien certain qu'il ne s'agit pas de lipides. Bien entendu, cette absence de gouttelettes graisseuses n'exclut pas la présence de lipides (surtout de phospholipides) associés à différents constituants cellulaires et dont l'existence chez les Floridées a d'ailleurs été mise en évidence par M^{lle} Celan⁽³⁾. Mais, ce qui caractérise les Rhodophycées, c'est l'absence de gouttelettes lipidiques *de réserve* (glycérides) comme on en observe, en plus ou moins grande quantité, chez la plupart des

(1) *Arch. de Morphol. gén. et expér.*, 9, Paris, 1922.

(2) G. FELDMANN-MAZOYER, *Thèse doctorat*, Alger, 1940-1941.

(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 116.

végétaux et en particulier chez les algues d'autres groupes (Xanthophycées, Phéophycées par exemple), où les glycérides constituent le produit le plus visible de la photosynthèse.

Cette absence de glycérides de réserve chez les Rhodophycées nous semble pouvoir être rapprochée du fait que beaucoup de ces algues accumulent dans leurs cellules, souvent en grande quantité, un hétéroside particulier, le floridoside [H. Colin et Guéguen (⁴)], composé d'une molécule de glycérol combinée à une de galactose, tandis que, chez diverses Rhodomélacées (et chez *Griffithsia*), qui paraissent dépourvues de floridoside, on rencontre un autre hétéroside particulier, le *d*-mannoside α du 1-glycérate de sodium [Colin et Augier (⁵), Lamure (⁶), Augier (⁷)].

Le rapport qui nous paraît exister entre l'absence de glycérides de réserve chez les Rhodophycées et la présence de l'un ou l'autre de ces hétérosides peut s'expliquer par un métabolisme différent du glycérol et il nous semble permis de conclure que :

Le glycérol provenant, soit de l'activité directe de la photosynthèse, dont il constituerait, pour certains auteurs, l'un des premiers produits, soit, comme on l'admet généralement, d'une transformation des glucides, mais qui, de toutes façons, ne semble pas pouvoir exister à l'état libre dans la cellule végétale, s'y accumule, chez les Rhodophycées, sous une forme différente de celle où on le rencontre chez les autres végétaux.

Au lieu de s'y accumuler combiné à des acides gras sous forme de glycérides constituant des gouttelettes graisseuses, il s'y rencontre soit sous la forme de floridoside, par combinaison avec le galactose, soit sous la forme d'un sel de sodium de l'acide glycérique en combinaison avec du mannose.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur les éléments des courbes de thermogenèse utilisables pour caractériser l'état et les propriétés spécifiques des semences.* Note (¹) de MM. HENRI PRAT et ÉDOUARD CALVET, présentée par M. Louis Blaringhem.

Considérons les courbes de thermogenèse (²) fournies par des graines diverses mises en germination dans des conditions identiques. Voici leurs particularités susceptibles d'être prises comme éléments de comparaison :
1° valeur (A) du maximum de débit de la thermogenèse physicochimique;

(⁴) E. GUÉGUEN, *Ann. Inst. Océanogr.*, nouv. sér., 10, fasc. III, Paris, 1931; H. COLIN et E. GUÉGUEN, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1688.

(⁵) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1450.

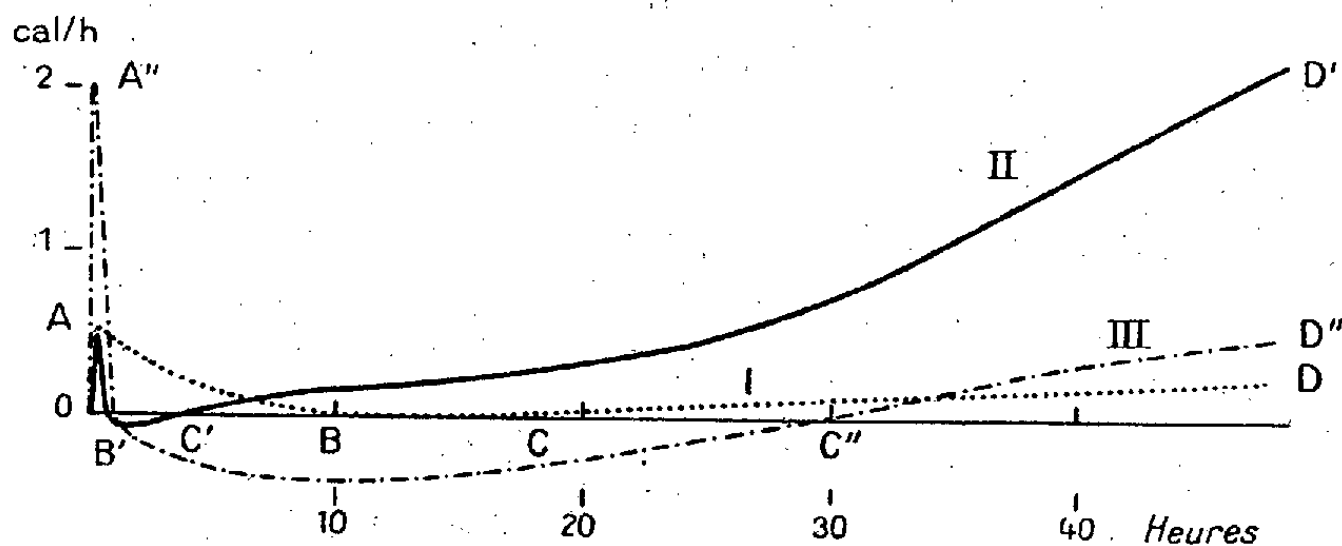
(⁶) *Ibid.*, 218, 1944, p. 246.

(⁷) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 91, 1944, pp. 92-93.

(¹) Séance du 12 mai 1945.

(²) H. PRAT et E. CALVET, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 226.

2° durée (OB) de cette thermogenèse; 3° quantité totale de chaleur (OAB) fournie par elle; 4° époque (OC) du début de la thermogenèse biologique; 5° débit (D) de cette thermogenèse au bout d'un temps donné (p. ex. 48 h.) après le début de l'hydratation.



Exemples de courbes de thermogenèse germinative : courbe I (pointillé fin), pour un Blé; courbe II (trait continu), pour un Navet; courbe III (traits et points), pour un Épinard.

La courbe (I) relative à un Blé, exposée précédemment ⁽¹⁾, nous servira de base de référence. Tous les chiffres seront donnés pour 1^{re} de graines sèches mises au contact de 1^{re} d'eau distillée, à la température de 17°. Chez les graines de Navet (courbe II) la thermogenèse physicochimique est beaucoup plus courte, ne durant que 1 à 3 h. selon les variétés; son maximum de débit varie de 0,4 à 2,5 c/h. Le temps BC qui suit comporte une légère absorption de chaleur. La thermogenèse biologique, très précoce (OC = 3 h. env.) fournit un débit élevé, qui peut atteindre 2,3 c/h au bout de 48 h. Chez le Chou, même genre (*Brassica*), les courbes sont étroitement parentes des précédentes. La première phase dure de 1 h. 1/2 à 2 h. donne un maximum de débit de 0,6 à 2 c/h selon les variétés; la thermogenèse biologique commence au bout de 3 à 4 h. Chez certaines variétés (ex. Chou de Milan), elle monte très vite, atteignant 1,2 c/h au bout de 48 h.; chez d'autres elle est plus paresseuse (Chou de Bruxelles étudié, 0,5 c/h). Pour des graines de Pavot la première phase est également courte (1 h. 1/2) et son débit assez intense (1,3 c/h). Ce débit s'élève encore plus (courbe III) chez l'Épinard (2 à 2,7 c/h) et surtout chez la Laitue (4 c/h), tout en restant bref (1 h. à 1 h. 1/4). Pour le Soja cette phase est moins intense (0,3 c/h au maximum) mais très prolongée, atteint son maximum en 30 minutes seulement, puis régresse en 10 h. jusqu'aux environs de 0,05 c/h, enfin décroît très lentement pendant 20 à 30 h. jusqu'à s'annuler.

Les éléments mentionnés ont des significations très différentes. Nous avons vu ⁽³⁾ comment la déshydratation préalable des semences influe sur les éléments A, OAB et D. Nous avons, d'autre part, pu modifier les éléments OC

⁽³⁾ H. PRAT et E. CALVET, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 117.

et D en faisant agir certains agents chimiques, par exemple l'alcool qui allonge le temps OC et abaisse le débit D de la thermogenèse biologique. L'élément le plus fixe est la durée OB de la thermogenèse physicochimique, elle est une caractéristique fondamentale de la semence et sa valeur dépend en partie de la taille de la graine. Rapprochons les chiffres cités du nombre de graines contenues dans 1^{re} pour les variétés étudiées : Soja, 7; Blé, 20; Épinard, 106; Chou, 250 à 350; Navet, 350 à 630; Laitue, 1120; Pavot, 2500. On voit que les graines les plus petites (Pavot, Navet, Chou) ont une première phase plus brève que les grosses (Blé, Soja), leur imbibition, fonction de la surface relative offerte, étant plus rapide. Mais ce facteur n'est pas le seul puisque, par exemple, on trouve la même durée OB pour un Pavot et pour un Chou, le second ayant des graines 10 fois plus grosses que le premier. En réalité *tous* les facteurs internes, constitution anatomique et histologique de la semence, nature chimique de ses réserves et de ses membranes, rapidité plus ou moins grande des réactions métaboliques de son protoplasme, influent à la fois sur *tous* les éléments de la courbe de thermogenèse. C'est précisément ce qui fait la valeur de celle-ci comme indication globale des aptitudes propres d'une semence. Enregistrée dans des conditions identiques sur des graines d'espèces diverses, elle permet de relever les différences génériques, spécifiques et variétales. Opérant au sein d'une même variété sur des lots divers, elle renseigne sur l'état de conservation, la vitalité, l'âge de chacun. Enfin, en expérimentant sur des portions d'un même lot dans des conditions différentes, elle permet de déceler les réactions de la semence aux divers agents physiques et chimiques.

PHARMACODYNAMIE. — *Action positive de l'acide ascorbique sur la résistance vasculaire du Cobaye normal et du Cobaye scorbutique.* Note de MM. JEAN LAVOLLAY et JEAN SEVESTRE, présentée par M. Maurice Javillier.

Après avoir découvert l'action des substances du groupe de la flavone sur la résistance vasculaire de l'Homme, dans des cas où l'acide ascorbique restait sans effet, Szent-Györgyi avait cru pouvoir attribuer les hémorragies du scorbut expérimental à une carence en vitamine P, accompagnant la carence en acide ascorbique. Pourtant il fut prouvé dès ce moment que la *citrine* ne modifiait pas de façon sensible le nombre et l'importance des hémorragies des Cobayes scorbutiques.

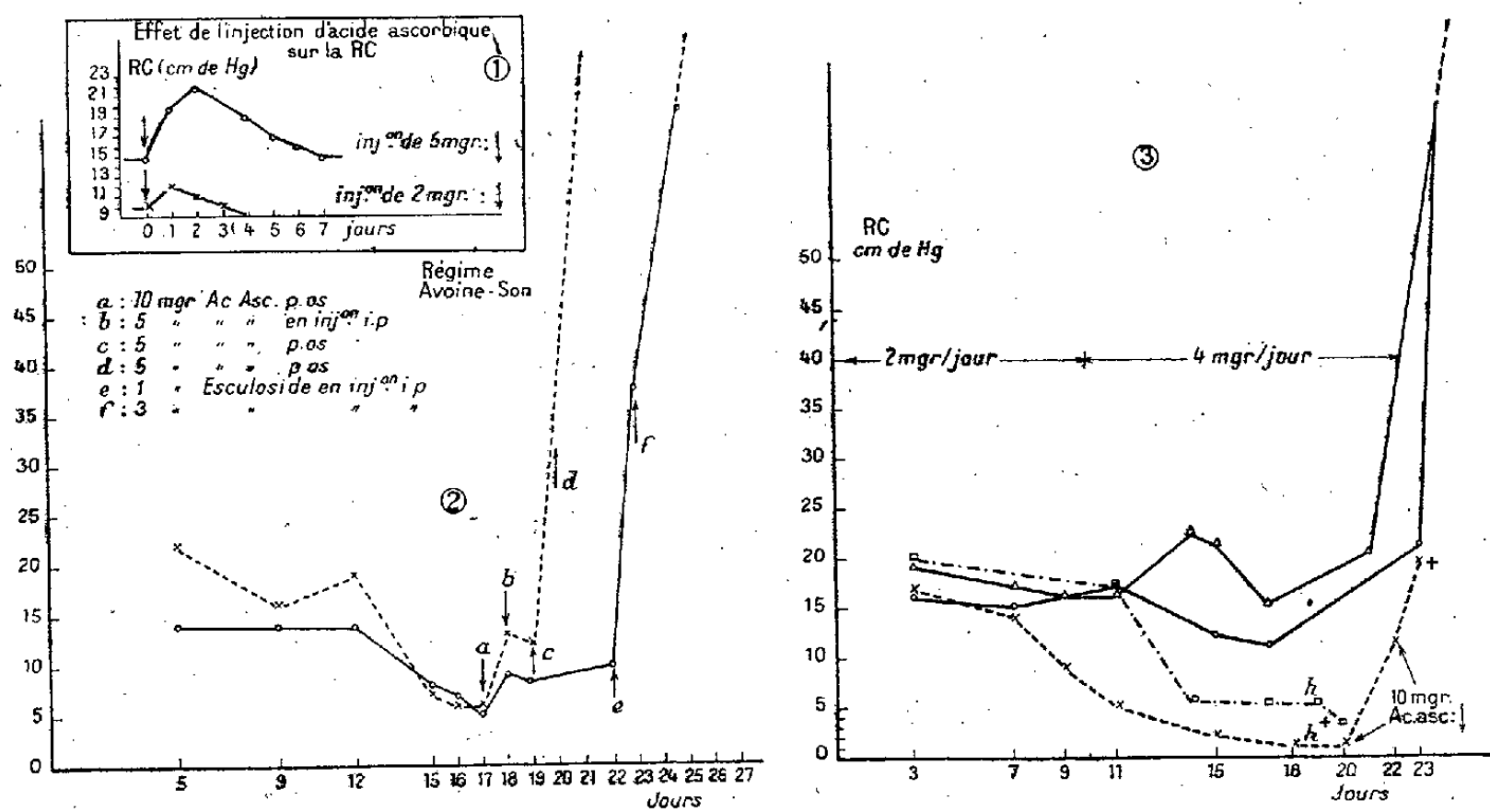
C'est alors que Zacho ⁽¹⁾ montra que la résistance capillaire (R. C.) du Cobaye soumis au régime scorbutigène subit un affaiblissement progressif. Ce fait, souvent vérifié depuis, est rigoureusement établi. Zacho affirma aussi que *l'acide ascorbique est incapable de rétablir la R. C. des animaux scorbutiques*,

(¹) *Acta Path. et Microb. Scand.*, 16, 1939, p. 144.

et que la citrine la restaure de façon sélective. Cette inaptitude de l'acide ascorbique à rétablir la R. C. des animaux scorbutiques fut admise après expériences par plusieurs auteurs [Rusznayak et Benkö (*Klin. Wochschr.*, 1941, p. 1265); A. Sévin ⁽²⁾; Parrot, Galmiche et nous-mêmes ⁽³⁾].

L'importance de cette notion nous a pourtant incités à entreprendre de nouvelles expériences sur les rapports entre l'administration d'acide ascorbique et la résistance capillaire.

L'un de nous ⁽⁴⁾ a déjà montré que l'acide ascorbique, en injection intrapéritonéale, élève pendant plusieurs jours la R. C. du Cobaye normal (*fig. 1*).



(2) Trait plein, animal scorbutique traité le 22^e et le 23^e jour par 1, puis 3^{mg} d'esculose.

Trait pointillé, animal scorbutique traité par l'acide ascorbique.

(3) En traits pleins : animaux recevant 2, puis 4^{mg} par jour d'acide ascorbique. En trait discontinu : animal au régime scorbutigène seul. En pointillé, animal scorbutique traité deux fois (le 20^e et le 22^e jour) par 10^{mg} d'acide ascorbique. En h, hémorragies intestinales. (Régime scorbutigène comprenant caséine, sucre, amidon, beurre, son, levure de bière et mélange salin.)

Administré par la bouche; à la dose quotidienne de 5^{mg}, il élève, au bout de quelques jours, la R. C. du Cobaye à des valeurs souvent supérieures à 50^{cm} de Hg (normale 12-18). Cette élévation se maintient pendant un temps plus ou moins long, au minimum plusieurs jours. Souvent, bien que l'apport d'acide ascorbique soit maintenu, la R. C. retombe ensuite à sa valeur normale. Tout

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 505.

⁽³⁾ *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, pp. 179-181.

⁽⁴⁾ J. LAVOLLAY, (a) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 318; (b) *C. R. Soc. biol.*, 138, 1944, p. 801; (c) *ibid.*, 138, 1944, p. 816.

se passe comme si un mécanisme compensateur intervenait alors. Il est probable qu'il s'agit d'une adaptation de l'adrénalinogénèse [(5)(a) et (b)].

Nous avons également étudié avec soin la R. C. des Cobayes soumis à différents régimes scorbutigènes. Celle-ci s'abaisse souvent à des valeurs proches de zéro en fin de carence. L'acide ascorbique synthétique et pur, administré en quantité suffisamment élevée, rétablit toujours très rapidement la R. C. à sa valeur normale et au delà (*fig. 2*). La dose à mettre en œuvre semble en rapport avec le degré de carence de l'animal.

Les échecs antérieurs de Zacho et de Rusznyak et Benko s'expliquent par l'insuffisance de la masse d'acide ascorbique administrée aux animaux. Les autres échecs appellent une autre interprétation.

Nous avons également étudié la R. C. des Cobayes soumis au régime scorbutigène, mais recevant de 2 à 4^{ms} d'acide ascorbique par jour (*fig. 3*). Non seulement la résistance ne s'abaisse pas, comme celle des animaux scorbutiques, mais elle s'élève souvent au-dessus de 50^{cm} de Hg.

Il est donc évident que *l'affaissement de la résistance vasculaire du Cobaye soumis au régime scorbutigène est causé de façon réversible par la carence en acide ascorbique*. Mais il est non moins certain que les vitamines P possèdent également la propriété d'élever la R. C.; certaines, comme l'épicatéchine et l'esculétol, sont même, à cet égard, 10000 à 20000 fois plus actives que l'acide ascorbique [(5)(c)].

PHARMACOLOGIE. — *Action inhibitrice du Buis (Buxus Sempervirens L. et Buxus balearica Willd) sur la cholinestérase du sérum*. Note (1) de M. DANIEL VINCENT et M^{lle} THÉRÈSE MATHOU, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Au cours de recherches récentes, nous avons été amenés à constater que le Buis présente des propriétés remarquables comme inhibiteur de la cholinestérase du sérum, ferment caractérisé par la propriété élective d'hydrolyser l'acétylcholine et dont le rôle fondamental dans les processus de médiation cholinergique apparaît nettement lié à celui de l'acétylcholine (Loewi, Dale, Stedman, Ammon, Nachmansohn etc.).

Nous avons employé pour ces recherches une méthode alcalimétrique de dosage de la cholinestérase, inspirée de Stedman et White ainsi que de Ammon (2) et déjà utilisée par D. Vincent et M^{lle} A. Maugein (3) dans des recherches sur la fève de Calabar et le dosage biochimique de l'ésérine, et par

(1) Séance du 19 février 1945.

(2) E. STEDMAN and A. WHITE, *Bioch. Journ.*, **27**, 1933, p. 1055; AMMON, *Ergebn. Enzymforsch.*, **9**, 1943, p. 35.

(3) *Bull. Sci. pharm.*, **49**, 1942, p. 141.

D. Vincent et P. Beaujard (*) dans celles sur les alcaloïdes inhibiteurs de la cholinestérase. Elle consiste à titrer au thermostat à 38° en fonction du temps, de 5 en 5 minutes pendant 20 minutes, au moyen de NaOH, 0,01 M et en présence de rouge de crésol comme indicateur, l'acidité libérée par l'hydrolyse d'une solution acétylcholinique par le sérum. Une inhibition cholinestérasique se traduit par un volume moindre de solution de soude à ajouter et, de cette façon, on peut calculer facilement le pourcentage d'inhibition éventuellement trouvé pour les essais effectués avec des préparations de la drogue à étudier et à des concentrations judicieusement échelonnées par rapport à l'essai témoin fait avec le sérum et la solution acétylcholinique seuls.

Nous ne rapportons ici que les résultats obtenus avec les décoctions aqueuses de *Buxus sempervirens* et de *Buxus balearica*, faites les unes avec des feuilles fraîches, les autres avec les tiges, et dont la récolte avait été faite en novembre dernier. La décoction était faite à 10 % de plante fraîche, avec ébullition modérée jusqu'à réduction de volume de 1/3 environ (soit à 15 %), puis filtration après contact de quinze minutes environ. L'inhibition constatée dans des essais préliminaires étant intense, des quantités progressivement décroissantes de ces préparations ont été étudiées pour la détermination de l'effet sur l'activité cholinestérasique d'un même sérum de façon à mesurer le pouvoir inhibiteur de la drogue en fonction de la concentration sur une assez large échelle.

Le tableau ci-dessous indique les pourcentages de l'action inhibitrice qu'exercent vis-à-vis de la cholinestérase du sérum les décoctions de *Buxus sempervirens* et *Buxus balearica* à des dilutions, exprimées en quantité de plante fraîche, allant de 0^s,15 à 0^s,00015 (la quantité correspondante de décoction à 15 % est mise en présence de 10^{cm³} de sol. de chl. d'A. C. à 2 % et de 1^{cm³} de sérum, pour un volume total de 50^{cm³}).

Pourcentage de l'action anticholinestérasique du Buis.

Sérum de cheval.								
<i>Buxus sempervirens</i>								
feuilles	>95 %	93	86	72	53	36	20	5
tiges	>95	>95	88	79	65	50	36	8
<i>Buxus balearica</i>								
feuilles	>95 %	—	93	86	79	66	53	10
tiges	>95	—	87	75	67	47	35	10
Sérum humain.								
<i>Buxus sempervirens</i>								
feuilles	95 %	88	80	74	63	50	40	10
Poids de plante fraîche (en g) correspondant à chaque essai	0,15	0,075	0,015	0,0075	0,00375	0,0015	0,00075	0,00015

(*) *Bull. Soc. Chim. biol.* (Travaux des Membres), 25, 1943, p. 1358.

Comme on le voit, les deux espèces de Buis étudiées sont douées d'un effet inhibiteur extrêmement marqué sur la cholinestérase du sérum de Cheval. Les essais effectués sur du sérum humain nous ont montré de même que l'effet inhibiteur se manifestait de façon sensiblement identique dans ce cas.

Si l'on s'en rapporte aux concentrations étudiées, on remarque que le Buis peut être rangé parmi les inhibiteurs les plus actifs de la cholinestérase. Si l'on se réfère à la quantité d'extrait donnée par les décoctions aqueuses étudiées, on voit que des concentrations de l'ordre de 1/200 000 (calculées en extrait) provoquent encore une inhibition de la cholinestérase dépassant largement 50 %. De plus signalons que les alcaloïdes totaux extraits par nous du Buis se sont révélés très actifs sur la cholinestérase du sérum, mais proportionnellement moins que les préparations dont on les avait retirés.

Ces données sont à rapprocher de certaines propriétés du Buis, notamment son effet toxique sur le système nerveux et sur le muscle, vis-à-vis desquels, selon Ringer et Murrel, cités par Lewin et Pouchet, il se comporte comme un poison paralysant et tétanisant.

Il nous paraît intéressant de souligner dès maintenant cette constatation comme préambule à de nouvelles recherches déjà en cours, tant du point de vue chimique que du point de vue pharmacologique, sur le Buis.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Forme de la croissance chez quelques Gastéropodes Hélicidés*. Note de M^{lle} JEANNE DEFAYE, présentée par M. Maurice Caullery.

La forme de la croissance type a été étudiée comparativement, dans les mêmes conditions de milieu (température 15°), chez cinq espèces d'Hélicidés : *Helix aspersa* (1); trois espèces appartenant à la sous-famille des Hélicellinés : *Helix (Candidula) Ramburi* Mab., *H. (Xerocincta) neglecta* Drap., *H. (Cochlicella) acuta* Müll., et chez un Hélicigoniné, *H. (Chilostoma) cornea* Drap.

1° *Candidula Ramburi* et *Xerocincta neglecta* présentent une grande similitude dans leur développement post-embryonnaire. Après une courte période d'accroissement rapide, qui semble prolonger la croissance embryonnaire, le taux de croissance se stabilise à un taux égal à 7, identique dans les deux espèces et caractérisant une première phase de croissance, que l'on peut qualifier d'*infantile*. Durant cette phase en effet l'appareil génital, rudimentaire, n'est pas décelable par la dissection. Les tours de spire de la coquille sont carénés.

Une seconde phase de croissance, débutant sensiblement au même poids (90^{mg}) dans les deux espèces, lorsque la coquille a environ 4 tours 1/4 de spire, est définie par un taux de croissance (4) plus faible que le précédent. Elle s'accompagne d'un développement progressif de l'appareil génital et correspond à la

(1) J. DEFAYE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 411.

phase *juvénile*, puis à la phase de *maturité* d'*Helix aspersa*. Elle se prolonge plus longtemps chez *Xerocincta* que chez *Candidula*, les poids définitifs moyens atteints par les deux espèces étant respectivement 0^s,9 et 0^s,5. Durant cette phase, la coquille ne présente plus de carène.

Enfin une troisième phase, *adulte*, durant laquelle le poids reste stationnaire, est atteinte au bout d'environ 15 mois. Elle est caractérisée par la ponte et par l'édification d'un bourrelet interne épaissi au péristome de la coquille, qui a atteint son nombre définitif de tours de spire (5 1/2 à 6).

2° *Cochlicella acuta*, petite espèce (poids maximum 0^s,3), remarquable par sa coquille turriculée, présente un développement de même type, mais beaucoup plus lent, sa durée totale dépassant deux années. La phase infantile, correspondant aux 6 ou 7 premiers tours de spire de la coquille, qui est alors légèrement carénée, est caractérisée par un taux de croissance de 4; la phase suivante, à coquille arrondie, par un taux de 2. Le péristome ne paraît subir aucune modification chez la coquille adulte, qui compte de 9 à 10 tours de spire.

3° *Chilostoma cornea* est une espèce des lieux humides et frais, alors que les trois espèces précédentes habitent les stations chaudes. Sa croissance est lente, comme celle de *C. acuta*. La phase infantile est caractérisée par un taux de croissance de 6 et une coquille carénée, la phase suivante par un taux de 1,7 et une coquille de section arrondie. La phase adulte est marquée, comme chez *Helix aspersa*, par l'abaissement de la ligne de suture, puis la réflexion du péristome.

Le développement post-embryonnaire comporte, dans les quatre dernières espèces étudiées, la même succession de phases, qui doivent être considérées comme homologues, en dépit de notables différences interspécifiques dans les taux de croissance (sauf entre les deux premières espèces, qui sont voisines systématiquement. Mais le plan de développement de ces quatre espèces diffère de celui d'*H. aspersa* 1° par l'existence d'une *phase infantile*; l'apparition de l'appareil génital (prépuberté), qui coïncide avec l'éclosion chez l'*H. aspersa*, ne se produisant ici qu'après plusieurs mois (plus d'un an chez *C. acuta*); 2° par la confusion des deux phases juvénile et de maturité, qui présentent le même taux de croissance, la puberté ne se traduisant pas par un abaissement du taux de croissance déjà faible. La suppression de la phase infantile chez *Helix aspersa* offre un nouvel exemple d'un mode d'évolution déjà observé par M. Abeloos ⁽²⁾ chez certains Limacidés.

La phase infantile est caractérisée, dans les quatre espèces étudiées, par une coquille carénée, disposition qui ne s'observe jamais chez *H. aspersa*. La forme arrondie ou carénée des tours n'est pas conditionnée par des facteurs méca-

(²) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 62,

niques liés à la taille de la coquille; elle est sous la dépendance de l'état physiologique de l'individu. En effet, si l'on extirpe, chez un individu juvénile, toute la partie terminale de la coquille en entamant sa portion carénée, la régénération consécutive ne fournit pas une spire carénée, mais bien d'emblée arrondie.

Chez tous les Hélicidés, la succession des états physiologiques marquant le développement post-embryonnaire se traduit donc, non seulement par des variations du taux de croissance global, mais encore par des étapes importantes du développement génital et par des variations dans la morphologie de la coquille : passage de la forme carénée à la forme arrondie, épaissement du péristome, réflexion du péristome.

HYDROBIOLOGIE. — *Structure et propriétés d'ensemble du dépôt organominéral des filtres à sable submergé*. Note ⁽¹⁾ de M. JACQUES WAUTIER, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai décrit ⁽²⁾ la structure d'une membrane biologique de printemps, prélevée dans un filtre à sable submergé de la station d'Ivry-sur-Seine. Après avoir donné la liste des espèces peuplant chacune des deux couches de cette membrane, j'ai signalé que la population de la zone profonde s'établissait et proliférait au sein d'un dépôt organominéral, résultant de la sédimentation des particules diverses apportées par l'eau.

J'ai fait appel, pour l'étude de ce dépôt, aux techniques pédologiques utilisées par Jacques Bourcart et ses collaborateurs ⁽³⁾, au Laboratoire de Géologie dynamique de la Sorbonne.

I. *Structure du dépôt*. — Des traînées de particules organiques et grains minéraux de très faible dimension, de l'ordre du micron, forment un réseau irrégulier, limitant des mailles de contour plus ou moins polygonal. Aux points d'entrecroisement, aux nœuds du réseau, des grains plus gros, arrondis ou polyédriques, des frustules de diatomées vides, des fragments de végétaux, des débris de carapaces chitineuses, des spicules d'éponges abondants formant des amas.

Voici les résultats de l'examen quantitatif de cette formation. Les parcelles organiques minuscules et la poussière minérale qui constituent la matière fondamentale du réseau n'ont évidemment pas été dénombrées. Il y avait dans le champ du microscope :

⁽¹⁾ Séance du 12 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 371.

⁽³⁾ BRAJNIKOV, FRANCIS-BOEUF, ROMANOVSKY, *Technique d'étude des sédiments*, Paris, 1943.

Grains minéraux des nœuds, de 3 à 50 ^µ	42
Fragments de végétaux	3
Débris chitineux divers	2
Frustules de diatomées comprenant :	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>constricta</i> Gr	5
<i>Melosira varians</i> Ag	3
<i>Synedra ulna</i> Ehr	2
<i>Nitzschia linearis</i> W. Sm	2
<i>Amphora ovalis</i> Kütz	1
<i>Cocconema lanceolata</i>	1
<i>Amphiprora paludosa</i> W. Sm	1
<i>Cymatopleura solea</i> Bréb	1
<i>Cyclotella comta</i> Kütz	1
Total des frustules ...	
	17
Spicules (mégasclères monaxones) d'éponges comprenant :	
<i>Spongilla</i> (<i>fragilis</i> Leidy ?)	5
<i>Ephydatia</i> (<i>Mülleri</i> Liebk ?)	1

La nature de ces éléments et leur mode d'arrangement en réseau présentent une analogie profonde avec la description donnée par J. Bourcart de flocons de vase déposés à Tancarville. De la vase, le dépôt des filtres possède la couleur grise, l'odeur fade, l'onctuosité au toucher. Comme pour les vases, on constate que la masse, malgré la diversité de ses constituants, présente un aspect homogène, lorsqu'on l'examine directement à l'œil. On reconnaît enfin, dans ce dépôt, les trois portions que distingue Bourcart dans les vases, sous le nom de *phases* : une *phase sable*, constituée par les grains compris entre 2^{mm} et 0^{mm},2 et comprenant, en outre, les mégasclères entiers d'éponges et des frustules de diatomées ;

une *phase poudre*, formée des grains de 0^{mm},02 à 0^{mm},001, avec aussi des spicules brisés et d'autres frustules ou débris de frustules ;

une *phase suspensoïde*, dont les grains mesurent de 0^{mm},001 à 0^{mm},0001 et qui constitue le *liant précolloïdal*. C'est la matière qui lie entre eux les différents éléments figurés du dépôt.

II. Ce liant confère au dépôt des filtres des propriétés d'ensemble qu'il est aisé de mettre en évidence :

Le dépôt est un ensemble *continu*, à l'œil et au toucher.

C'est un ensemble *solide*, ou *cohérent*. De la poudre de quartz, déposée sous l'eau, puis desséchée, redevient meuble dès qu'on la touche. Un fragment du dépôt des filtres, traité de la même manière, reste parfaitement cohérent.

C'est un ensemble *rigide*. Un échantillon du dépôt, dispersé dans un léger excès d'eau, est abandonné pendant plusieurs heures. Le sédiment se tasse. Si l'on incline le récipient avec précaution et qu'on l'abandonne ainsi, on constate que l'horizontalité de la surface ne se rétablit pas. Il semble que l'on puisse,

comme pour les vases, rattacher cette propriété à l'existence d'une structure du dépôt, structure ouverte, en réseau à fibres entrecroisées.

C'est enfin un ensemble *thixotrope*. La suspension, devenue rigide par abandon et tassement sous son propre poids, redevient fluide par agitation.

Ces propriétés d'ensemble, continuité, solidité, rigidité, thixotropie, sont déjà celles des colloïdes. C'est de la quantité d'eau incluse après sédimentation du dépôt que dépendraient ses propriétés.

Cette quantité était de 170 à 203 % du poids sec (moyenne pour six échantillons 185 %), c'est-à-dire très voisine de celles trouvées par Bourcart pour les vases du Bois de Boulogne.

Il nous reste à exposer les résultats de l'étude chimique de ce dépôt.

A 16^h 10^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 décembre 1944.)

Note de MM. *Aimé Cotton* et *Pierre Manigault*, Sur la réalisation des lames auxiliaires employées dans les recherches faites avec la lumière polarisée :

Page 598, ligne 28, *au lieu de M. Arnuli, lire M. Arnulf.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 4 AVRIL 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 22 février 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **ALBERT MICHEL-LÉVY** pour occuper, dans la Section de Minéralogie, la place vacante par le décès de M. *Charles Barrois*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

J'ai la tristesse de vous faire part de la mort de notre Confrère, **ALEXANDRE GUILLIERMOND**, survenue à Lyon le 1^{er} avril 1945.

GUILLIERMOND MARIE-ANTOINE-ALEXANDRE était né à Lyon, le 19 août 1876. Docteur ès sciences en 1913, il était chargé cette même année d'un cours de Botanique agricole à la Faculté des sciences de Lyon; nommé en 1913 maître de conférences de botanique P. C. N. à la Faculté des Sciences de Paris, il devint en 1927 professeur sans chaire, puis, quelques années plus tard, professeur titulaire à cette même Faculté. Il était élu Membre de la Section de Botanique de notre Académie le 21 janvier 1935.

L'œuvre scientifique de Guilliermond se rapporte presque entièrement à la Cryptogamie et à la Cytologie végétale, mais elle a eu des répercussions sur le développement de la Cytologie générale. Il nous apprend lui-même que, s'il a orienté ses études vers la Botanique, c'est parce que cette partie de la science lui paraissait plus propre à éclairer certains problèmes de la Biologie générale que l'étude plus complexe des animaux.

Les premiers travaux de Guilliermond, à partir de 1900, sont consacrés aux Ascomycètes et spécialement aux levures. A cette époque on admettait généralement que les levures avaient une structure très primitive, semblable à celle des bactéries, d'où une grande incertitude touchant la nature de ces organismes. Guilliermond démontre que les cellules des levures présentent une structure identique à celle des champignons les mieux caractérisés : un noyau avec une

structure typique contenu dans un cytoplasme homogène, au sein duquel est une grande vacuole renfermant de nombreux corpuscules, que Guilliermond a pu identifier avec les corpuscules métachromatiques découverts par Babès chez les bactéries. Il démontre que ces corpuscules, dont on ignorait la signification physiologique, représentent des produits de réserve. Mais la découverte la plus importante de Guilliermond sur ce sujet est celle d'un phénomène de sexualité présenté par les levures. Il démontre l'existence, dans quelques espèces de levures se multipliant par cloisonnement, d'une copulation isogamique précédant la formation de l'asque; dans d'autres espèces, se multipliant par bourgeonnement, la copulation peut présenter tous les intermédiaires entre l'isogamie et l'hétérogamie la plus accentuée; dans d'autres espèces encore, les asques se produisent sans qu'il y ait de fécondation préalable, révélant ainsi un phénomène de parthénogenèse; enfin la copulation peut être reportée au stade ultérieur de la germination des spores. Par l'ensemble de ces recherches le problème de l'origine des levures, soulevé par Pasteur, s'est trouvé résolu d'une manière définitive, grâce précisément à la découverte de leur sexualité.

Les résultats de Guilliermond, très rapidement confirmés, lui valurent une grande notoriété. Il fut chargé à différentes reprises de l'étude du développement de nombreuses formes nouvelles de levures pathogènes. Il a résumé toutes les connaissances acquises sur ce groupe de Champignons dans un livre devenu vite classique; il n'est d'autre part pas de traités français, ou étrangers, s'occupant des levures dans lesquels les découvertes de Guilliermond ne soient largement mises à profit. Plusieurs années plus tard, deux espèces particulières de levures, *Saccharomyces paradoxus* et *Zygosaccharomyces japonicus*, parurent à certains botanistes présenter dans leur évolution des phénomènes ne rentrant pas dans le cadre des faits observés par Guilliermond. Reprenant l'étude de ces deux espèces et suivant au microscope leur développement dans des chambres de van Tieghem, Guilliermond démontra qu'on avait mal interprété les phénomènes observés et des travaux ultérieurs ont confirmé sa manière de voir.

A côté de ces travaux sur les levures, il conviendrait de signaler des résultats importants obtenus par Guilliermond sur différentes classes d'Ascomycètes, en particulier les Endomycétacées, dont il mit en évidence la grande parenté avec les levures en ce qui concerne la formation des asques. Signalons encore l'étude d'un Champignon parasite du cotonnier : c'est un Champignon archaïque dont le développement présente des traits très particuliers. Tous ces travaux ont permis à Guilliermond de formuler, sur la phylogénie des Ascomycètes, une théorie qui complète celle qu'il avait établie pour les levures.

L'ensemble de ces travaux très personnels s'enchaînant logiquement avait complètement renouvelé un important chapitre de la Mycologie : il suffisait amplement pour assurer à Guilliermond une place de premier plan parmi les botanistes. Cependant ce n'est peut-être pas par eux qu'il est le plus connu.

Son nom est en effet lié, d'une manière particulièrement étroite, à celui de certains constituants du cytoplasme, les mitochondries. Au moment où Guilliermond allait aborder des recherches relatives aux végétaux supérieurs, différents cytologistes, dont MM. Fauré-Frémiet et Regaud en France, venaient de démontrer l'existence dans toute cellule animale de petits organites caractérisés par un ensemble de propriétés histochimiques très spéciales; mais, en ce qui concerne la cellule végétale, on ne connaissait presque rien sur ces constituants, dont l'ensemble avait reçu le nom de *chondriome*. Guilliermond, dès ses premières recherches, a pu démontrer la présence constante, dans les cellules végétales les plus diverses, d'éléments en tout semblables aux mitochondries animales; mais, fait beaucoup plus important, il ne tarda pas à mettre en évidence que la chlorophylle, les pigments carotiniens et xanthophylliens, le grain d'amidon se constituent à partir de ces mitochondries. Cette découverte venait confirmer les vues anciennes de Schimper sur l'existence, chez les végétaux chlorophylliens, de petits corps, les plastes, capables d'élaborer à leur intérieur de l'amidon et divers pigments, mais il manquait à Schimper, pour que ses vues obtinssent l'adhésion unanime, une méthode permettant de fixer et de colorer les plastes. Guilliermond a pu combler cette lacune et fournir pour la première fois une démonstration rigoureuse de l'existence des plastes et de leur identité avec les mitochondries, dont les formes et l'évolution étaient restées mal connues.

L'ensemble des travaux de Guilliermond sur les mitochondries constitue une œuvre des plus importantes. L'auteur s'y est constamment efforcé de contrôler les résultats obtenus à l'aide de méthodes de coloration après fixation, au développement desquelles il a fortement contribué; il a pu ainsi se rendre compte de la valeur réelle de chaque fixateur et éliminer ceux qui détruisent les lipoides dont sont constituées les mitochondries. Des recherches récentes sur la cellule animale à l'aide de cultures de tissus ont confirmé les résultats obtenus dans cette voie par Guilliermond.

Les recherches précédentes ont naturellement conduit Guilliermond à des observations relatives au système vasculaire des végétaux. Contentons-nous de signaler la solution d'un important problème de cytologie générale. Golgi avait mis en évidence, dans les cellules nerveuses, un réseau (appareil réticulaire de Golgi), qui fut retrouvé ensuite dans la plupart des cellules animales; on doit d'autre part à Holmgren la découverte, dans beaucoup de cellules, d'un système de canalicules incolores auquel son nom est resté attaché. Guilliermond a pu montrer que ces deux appareils représentent une seule et même formation obtenue l'une en positif, l'autre en négatif, et correspondant à un vacuome semblable à celui de la cellule végétale. Ce résultat a suscité de nombreux travaux, auxquels se rattachent les noms de Parat, J. Painlevé, Corti etc.

Il y aurait à signaler encore de nombreux travaux se rapportant à la cytologie des végétaux supérieurs; l'emploi de l'ultramicroscope pour l'analyse

du contenu cellulaire lui a fourni d'autre part d'intéressantes observations se reliant d'heureuse façon à celles dues à notre Confrère Lapique sur certains éléments végétaux, et à MM. Mayer, Schaeffer et Fauré-Frémiet sur les cellules animales.

L'activité scientifique de Guilliermond ne se mesure pas seulement par ses travaux personnels, mais aussi par ceux qu'il a inspirés. Jusqu'à l'occupation de 1940, son laboratoire a constitué un centre important de recherches; des centaines de publications en sont sorties; parmi leurs auteurs plusieurs jeunes savants étrangers sont venus s'initier auprès de Guilliermond aux méthodes cytologiques; un grand nombre étaient des assistants d'Universités étrangères, de Prague, de Varsovie, d'Utrecht, de Buenos-Ayres etc.

En dehors de la direction de son laboratoire, Guilliermond a entrepris une autre tâche, la publication d'un Ouvrage qui manquait jusqu'alors; il s'agit d'un traité de Cytologie, qui a paru en 1934. Conçu par Guilliermond, il a été rédigé en majeure partie par lui, MM. Mangenot et Plantefol s'étant chargés respectivement du chapitre relatif au noyau et de celui relatif à la physiologie cellulaire. Ce traité, qui comprend 1090 pages et 464 figures, a reçu l'accueil le plus enthousiaste du monde scientifique français et étranger. Il constitue une vaste synthèse, remarquable par l'abondance des matériaux étudiés et par l'unité harmonieuse qui les relie. C'est le premier traité de Cytologie dans lequel la morphologie et la physiologie occupent le même rang et sont considérées comme aussi importantes l'une que l'autre pour la connaissance de la cellule. C'est un monument qui fait le plus grand honneur à la science française.

Guilliermond avait gagné rapidement l'estime de tous ses Confrères. Sous un aspect un peu austère et réservé, il cachait une sensibilité profonde, à laquelle peut-être devons-nous attribuer sa décision, à laquelle il s'est tenu fermement, de ne pas prendre part à nos travaux tant que Paris serait soumis à l'occupation étrangère. Avec lui la France perd un grand savant. Au nom de l'Académie des sciences, j'adresse à Madame Guilliermond et à sa famille l'expression de notre profond regret et nos condoléances émues.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le Bureau de l'Académie une brochure intitulée *Jubilé scientifique de M. Camille Gutton, célébré dans la salle des Congrès du Ministère des P. T. T. le 10 juin 1944.*

CORRESPONDANCE.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Rapports entre le calcul des problèmes et le calcul des propositions.* Note ⁽¹⁾ de M^{me} **PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER.**

1. Soit une théorie déductive Th dont les règles de raisonnement constituent une logique L qui contient un calcul des propositions caractérisé par

⁽¹⁾ Séance du 15 janvier 1945.

les opérations $\&$, \vee , \rightarrow , \sim , et un calcul de problèmes \mathcal{C} défini à la manière de A. Kolmogoroff ⁽²⁾. Si l'on considère des problèmes formulables dans la théorie Th , les règles du calcul des problèmes ne peuvent être indépendantes des règles de la logique L .

2. Une première liaison, dite *faible*, peut être établie en précisant la forme de problèmes particuliers et les conditions de leur résolution.

AXIOME 1. — *Montrer que la proposition p est vraie dans Th est un problème*; il sera désigné par $\text{Pb}(p)$.

AXIOME 2. — *Le problème $\text{Pb}(p)$ est dit résolu si l'on a établi la vérité de p .*

Les opérations $\&$, \vee seront liées à \wedge , \vee si l'on précise leur définition pour des problèmes particuliers; nous admettrons :

AXIOME 3. — $\text{Pb}(p) \wedge \text{Pb}(q) =_a \text{Pb}(p \& q)$.

AXIOME 4. — $\text{Pb}(p) \vee \text{Pb}(q) =_a \text{Pb}(p \vee q)$.

AXIOME 5. — $\text{Pb}(p) \supset \text{Pb}(q) \supset \text{Pb}(p \rightarrow q)$.

Le signe \supset correspond à un enchaînement de fait (enchaînement effectivement établi de problèmes), le signe \rightarrow à un enchaînement de droit (enchaînement idéal de propositions).

3. On peut ne pas savoir résoudre un problème P , ni savoir montrer que, supposant P résolu, une contradiction en résulte; le principe du tiers exclu pour les problèmes est à rejeter sous peine d'inadéquation. La définition de $\neg P$ semble conduire à identifier $\neg \text{Pb}(p)$ avec $\text{Pb}(p \rightarrow q \& \sim q)$, mais en logique classique on aurait alors le principe du tiers exclu pour $\text{Pb}(p)$; au contraire $\neg P$ doit être défini comme *montrer qu'une contradiction se ramène à la solution de P* , soit $\text{Df} : \neg P =_a P \supset \text{Pb}(q \& \sim q)$.

En y remplaçant P par $\text{Pb}(p)$, d'après l'axiome 5, on a :

THÉORÈME 1. — $\neg \text{Pb}(p) \supset \text{Pb}(p \rightarrow q \& \sim q)$.

4. Par récurrence sur la construction de problèmes on établit :

THÉORÈME 2. — *A toute formule précédée du signe \vdash du calcul des problèmes correspond une formule de même forme identiquement vraie dans le calcul des propositions, les signes \wedge , \vee , \supset , \neg étant remplacés par $\&$, \vee , \rightarrow , \sim . Par contre il peut exister des formules, identiquement vraies dans le calcul des propositions, n'ayant pas de formules correspondantes précédées du signe \vdash dans le calcul des problèmes; en résumé le calcul des propositions est au moins aussi fort que le calcul des problèmes qui lui est associé.*

THÉORÈME 3. — *Le calcul des problèmes le plus fort est celui défini par Kolmogoroff. Le calcul des problèmes associé à la logique classique L_0 est celui défini par Kolmogoroff.*

Un calcul des propositions peut être isomorphe au calcul des problèmes qui lui est associé; on voit alors que :

THÉORÈME 4. — *La logique la plus forte isomorphe au calcul des problèmes qui*

⁽²⁾ *Math. Zeits.*, 35, 1932, pp. 58-63.

lui est associé est la logique intuitioniste de Heyting ⁽³⁾. Le calcul des problèmes est alors celui défini par Kolmogoroff. Tout calcul des propositions au moins aussi faible que la logique intuitioniste peut être pris isomorphe à un calcul des problèmes.

La logique intuitioniste est la plus forte de celles dans lesquelles les enchaînements idéaux, signe \rightarrow , suivent les mêmes règles que les enchaînements établis effectivement. Il convient d'adopter un tel point de vue dans les cas suivants : 1° on pose que n'est vrai que ce qui est effectivement démontré ou que n'est vrai en droit que ce qui est vrai en fait; 2° on pose que les enchaînements idéaux résultent d'intentions de répétitions indéfinies d'enchaînements effectifs; 3° on considère des propositions portant sur des éléments en devenir et non pas seulement sur des éléments posés comme existant en soi objectivement. Du théorème 4 et des remarques qui le suivent on peut tirer une interprétation nouvelle des mathématiques intuitionistes.

5. On peut établir une liaison plus étroite, dite *forte*, entre le calcul des propositions et celui des problèmes si l'on admet à la place des axiomes 3 et 4 :

AXIOME 3b. — *La solution d'un problème résolu P est une proposition vraie, elle sera désignée par $s(P)$.*

AXIOME 4b. — *Entre les fonctions s et Pb on a les relations*

$$Pb(s(P)) = P, \quad s(Pb(p)) = p,$$

le signe $=$ signifiant que les deux problèmes sont non distincts.

On peut alors définir les signes \wedge et \vee à partir de $\&$ et \vee et inversement.

On peut définir une implication forte \supset entre propositions, ainsi qu'une négation forte \neg par

$$p \supset q =_{as} (Pb(p) \supset Pb(q)), \quad \neg p =_{as} (\neg Pb(p)).$$

De l'axiome 5 on tire alors

$$\text{th. 6} \quad p \supset q \cdot \supset \cdot p \rightarrow q, \quad \neg p \cdot \supset \cdot p \rightarrow \cdot q \& \sim q.$$

On établit ainsi un isomorphisme entre le calcul des problèmes et le calcul des propositions considéré par rapport aux opérations $\&$, \vee , \supset , \neg . Les signes \rightarrow et \sim pouvant satisfaire à des règles supplémentaires auxquelles n'obéissent pas les signes \supset et \neg .

Ces considérations s'étendent au cas des fonctions propositionnelles. Elles sont valables dans toute logique, même dans celles de complémentarité; dans ce cas il y a des problèmes incompatibles et des problèmes absurdes dans une théorie Th.

(³) A. HEYTING, *S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1930, pp. 57-71 et 158-169.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les ensembles de fonctions d'ondes possibles correspondant à des conditions initiales mal déterminées.*

Note ⁽¹⁾ de M^{lle} CÉCILE MORETTE.

En cherchant à établir les lois d'une mécanique ondulatoire statistique, c'est-à-dire d'une mécanique qui régit le mouvement d'un système de corpuscules obéissant aux lois d'une mécanique ondulatoire, sous des conditions initiales assez indéterminées, nous avons été conduite, à la suite d'un exposé de M. Destouches ⁽²⁾, à résoudre le problème suivant :

Soit un système S de corpuscules auquel correspond, à partir d'une mesure initiale, un ensemble de fonctions d'ondes initiales possibles; l'évolution de la fonction d'ondes attachée au système est parfaitement connue, si l'on connaît la fonction d'ondes ψ_0 à l'instant initial; ψ_0 fait partie d'un ensemble continu. Plus précisément, nous nous sommes bornée au cas suivant : la grandeur mesurée pour déterminer la fonction d'ondes est l'énergie, mais, du fait de l'imprécision de la mesure, ou du fait d'un phénomène de dégénérescence, n valeurs sont possibles pour l'énergie : $E_1, \dots, E_j, \dots, E_n$, distincts ou non, correspondant à n fonctions de base linéairement indépendantes. Dans ce cas

$$\overrightarrow{\psi}(t) = \sum_{j=1}^n a_{j0} e^{\frac{2\pi i E_j t}{h}} \overrightarrow{\psi}_{j0},$$

les $\overrightarrow{\psi}_{j0}$ sont les vecteurs de base de $\overrightarrow{\psi}_0$, soit $\overrightarrow{\psi}_0 = \sum_{j=1}^n a_{j0} \overrightarrow{\psi}_{j0}$ et les a_{j0} sont des nombres complexes inconnus; ils sont liés par la condition de normalisation

$$\sum_{j=1}^n |a_{j0}|^2 = 1.$$

A. *Étude de l'ensemble des trajectoires de $\psi(t)$.* — L'évolution de $\psi(t)$ peut être représentée par le mouvement d'un point dans l'espace de Hilbert, qui ici se réduit à un espace unitaire; l'ensemble des mouvements de ces points a les propriétés suivantes : 1° on a un ensemble de systèmes multipériodiques séparables; 2° il y a stabilité à la Poisson; 3° le lieu des trajectoires de $\psi(t)$ est une hypersphère S_n de rayon 1; l'ensemble des trajectoires de $\psi(t)$ est dense partout ou non, sur une certaine région, suivant que les différentes valeurs E_j, E_k sont incommensurables ou non. Dans les cas simples, E_j, E_k sont le plus souvent commensurables, le mouvement est alors périodique; 4° la surface S_n est métriquement intransitive.

⁽¹⁾ Séance du 15 mai 1944.

⁽²⁾ Conférence de M. Destouches, faite au Séminaire de Calcul des Probabilités de M. Fréchet, en février 1944.

B. *Étude statistique des mouvements de $\psi(t)$* . — 1° En vertu d'un théorème de Dirac-Fock ⁽³⁾, on peut définir une extension en phase (Γ_{2n}) comme étant le produit cartésien de la multiplicité \mathfrak{M}_n où se déplace $\psi(t)$ par la multiplicité $(h/2\pi i)\mathfrak{M}_n^*$ (\mathfrak{M}_n^* étant la multiplicité obtenue en faisant correspondre à chaque point de \mathfrak{M}_n son imaginaire conjugué). Étant donné que la vitesse de $\psi(t)$ est déterminée à chaque instant par le point de la trajectoire que parcourt $\psi(t)$, le point représentatif de $\psi(t)$ ne décrira dans (Γ_{2n}) qu'une multiplicité complexe à n dimensions. On ne peut donc pas parler de volume d'extension en phase; on peut cependant établir un théorème analogue au théorème de Liouville, à savoir l'invariance de

$$\Phi = \left(\frac{h}{\pi}\right)^n \underbrace{\int \cdots \int}_{2n} \left(\frac{1}{2i}\right)^n da_j da_j^*$$

lors d'un changement de coordonnées [les a_j sont les coordonnées dans \mathfrak{M}_n , les $(h/2\pi i)a_j^*$ les coordonnées dans $(h/2\pi i)\mathfrak{M}_n^*$] et invariance de Φ au cours du temps. 2° Il faut pondérer l'ensemble des mouvements possibles de $\psi(t)$ en définissant une densité de probabilité $\rho(\mathbf{M}_0)$ sur S_{2n} , hypersphère réelle correspondant à S_n ; et non en attachant une loi de probabilité aux a_{j0} , ceci pour deux raisons : *a.* les a_{j0} ne sont pas indépendants; *b.* une répartition uniforme ne doit pas concerner les a_{j0} mais les $|a_{j0}|^2$. En opérant ainsi, on trouve effectivement, lors d'une répartition uniforme, $\text{Pr}(E=E_j) = 1/n$. 3° Le système n'est pas ergodique.

C. *Application aux probabilités des grandeurs liées au système S*. — Pour calculer les probabilités moyennes, on ne doit pas considérer une fonction d'ondes moyenne, car ce ne sont pas les coordonnées de $\psi(t)$, mais les carrés des modules des coordonnées de $\psi(t)$ qui donnent les probabilités cherchées [$\psi(t)$ étant rapporté à un système de base convenable]. Soient β_k les valeurs propres d'une grandeur B liée au système, b_{jk0} les coefficients du développement de ψ_{j0} suivant les fonctions propres de B , et soit $d\sigma$ l'élément d'aire sur S_{2n} , alors

$$\varpi_k = \text{Pr}(B = \beta_k \text{ à } t) = \int_{S_{2n}} \left| \sum_{j=1}^n a_{j0} b_{jk0} e^{\frac{2\pi i}{h} E_j t} \right|^2 \rho(\mathbf{M}_0) d\sigma.$$

La limite de la moyenne dans le temps de ϖ_k , lorsque l'intervalle de temps sur lequel porte la moyenne tend vers l'infini, est

$$\lim_{(t_2-t_1) \rightarrow \infty} \mathfrak{M}(\varpi_k) = \int_{S_{2n}} \sum_{j=1}^n |a_{j0}|^2 |b_{jk0}|^2 \rho(\mathbf{M}_0) d\sigma.$$

⁽³⁾ J.-L. DESTOUCHES, *Thèse*, Paris, 1933; *Annales de Physique*, juillet 1934.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les états de masse des corpuscules de spin quelconque.* Note de M. GÉRARD PETIAU.

L'étude des interactions nucléaires semble conduire à l'hypothèse de l'existence de masses différentes pour les mésons vectoriels et pseudoscalaires. On peut se demander comment cette hypothèse est conciliable avec la théorie des corpuscules de spin quelconque représentés par les solutions $\Phi_{i_1, i_2, \dots, i_n}$ des équations d'ondes du type que nous avons étudié à plusieurs reprises, de la forme

$$(1) \quad \left[\left(\frac{h}{2\pi i} \frac{1}{c} \partial_t \right) \left(\frac{1}{n} \sum_{r=1}^n \alpha_k^{(1)} \dots \alpha_k^{(r)} \dots \alpha_k^{(n)} \right) + \sum_p \left(-\frac{h}{2\pi i} \partial_p \right) \left(\frac{1}{n} \sum_{r=1}^n \alpha_k^{(1)} \dots \alpha_k^{(r)} \dots \alpha_k^{(n)} \right) + m_0 c \alpha_k^{(1)} \dots \alpha_k^{(n)} \right] \Phi_{i_1, i_2, \dots, i_n} = 0.$$

Posant

$$\square = \left(\frac{h}{2\pi i} \frac{1}{c} \partial_t \right)^2 - \left(-\frac{h}{2\pi i} \partial_p \right)^2,$$

les solutions du système (1) satisfont aux équations

$$(2) \quad (\square - m_0^2 c^2) \left(\square - \left(\frac{n}{n-2} m_0 c \right)^2 \right) \dots \left(\square - \left(\frac{n}{2} m_0 c \right)^2 \right) \Phi_{i_1, \dots, i_n} = 0 \quad \text{si } n \text{ est pair.}$$

$$(3) \quad (\square - m_0^2 c^2) \left(\square - \left(\frac{n}{n-2} m_0 c \right)^2 \right) \dots (\square - (n m_0 c)^2) \Phi_{i_1, \dots, i_n} = 0 \quad \text{si } n \text{ est impair.}$$

Par suite les solutions de (1) peuvent être considérées comme appartenant à des états d'un même corpuscule de masses $m_0, (n/n-2)m_0, \dots, (n/2)m_0$ ou $m_0, (n/n-2)m_0, \dots, nm_0$ suivant que n est pair ou impair, ces états évoluant indépendamment et étant définis individuellement par les données simultanées de l'équation (1) et d'une équation de la forme

$$\left[\square - \left(\frac{n}{n-2p} m_0 c \right)^2 \right] \Phi_{i_1, \dots, i_n} = 0 \quad (0 \leq 2p \leq n-1).$$

Le corpuscule dans l'état de masse $m_p = m_0 (n/n-2p)$ se répartit dans le système propre entre des états de spin total et à chacun de ces états de spin correspond un groupe d'équations formant un système irréductible. Par suite la donnée d'un état de spin total ne suffit pas, à partir de l'équation (1) seule, à déterminer l'état de masse.

Le spin total maximum correspondant à l'équation (1) est $S = n(h/4\pi)$ et les états de spin total sont de la forme $s = (n-2k)(h/4\pi)$ ($0 \leq 2k \leq n$). Ces états de spin total se retrouveront avec des multiplicités différentes dans les états de masse inférieure ou égale à $(n/n-2k)m_0$, c'est-à-dire pour $0 \leq p \leq k$. La donnée de l'état de spin total $s = (n-2k)(h/4\pi)$ conduit donc à la consi-

dération simultanée des états de masse $m_0, (n/n-2)m_0, \dots, (n/n-2k)m_0$.

Nous allons préciser ces considérations dans les cas des corpuscules de spin total maximum $(3/2)(h/2\pi)$ et $2.(h/2\pi)$.

1° Le corpuscule de spin total maximum $(3/2)(h/2\pi)$ est représenté par les solutions Φ_{i_1, i_2, i_3} de l'équation

$$(5) \quad \left[\left(\frac{h}{2\pi i} \frac{1}{c} \partial_t \right) \left(\frac{1}{3} \sum_{r=1}^3 \alpha_k^{(1)} \alpha_0^{(r)} \dots \alpha_k^{(3)} \right) + \sum_p \left(-\frac{h}{2\pi i} \partial_p \right) \left(\frac{1}{3} \sum_{r=1}^3 \alpha_k^{(1)} \alpha_0^{(r)} \alpha_k^{(3)} \right) + m_0 c \alpha_k^{(1)} \alpha_k^{(2)} \alpha_k^{(3)} \right] \Phi_{i_1, i_2, i_3} = 0,$$

lesquelles satisfont également aux équations

$$(6) \quad (\square - m_0^2 c^2)(\square - (3m_0 c)^2) \Phi_{i_1, i_2, i_3} = 0.$$

Les solutions de (5) et de $(\square - m_0^2 c^2) \Phi_{i_1, i_2, i_3} = 0$ se répartissent entre un état de spin total $(3/2)(h/2\pi)$ et deux états de spin $(1/2)(h/2\pi)$. Les solutions de (5) et de $[\square - (3m_0 c)^2] \Phi_{i_1, i_2, i_3} = 0$ correspondent à un état de spin $(1/2)(h/2\pi)$.

Si, dans un processus d'interaction, une règle de sélection (par exemple conservation du spin) conduit à écarter les états de spin total $(3/2)(h/2\pi)$, l'interaction considérée se présentera comme un mélange d'interactions par des corpuscules de spin total $(1/2)(h/2\pi)$ et de masses m_0 et $3m_0$ avec les poids deux et un.

2° Le corpuscule de spin total maximum $2(h/2\pi)$ est représenté par *toutes* les solutions $\Phi_{i_1, i_2, i_3, i_4}$ de l'équation

$$(7) \quad \left[\left(\frac{h}{2\pi i} \frac{1}{c} \partial_t \right) \left(\frac{1}{4} \sum_{r=1}^4 \alpha_k^{(1)} \dots \alpha_0^{(r)} \dots \alpha_k^{(4)} \right) + \sum_p \left(-\frac{h}{2\pi i} \partial_p \right) \left(\frac{1}{4} \sum_{r=1}^4 \alpha_k^{(1)} \dots \alpha_p^{(r)} \dots \alpha_k^{(4)} \right) + m_0 c \alpha_k^{(1)} \alpha_k^{(2)} \alpha_k^{(3)} \alpha_k^{(4)} \right] \Phi_{i_1, i_2, i_3, i_4} = 0,$$

qui satisfont également aux équations

$$(8) \quad (\square - m_0^2 c^2)(\square - (2m_0 c)^2) \Phi_{i_1, i_2, i_3, i_4} = 0.$$

Les solutions de (7) et de $(\square - m_0^2 c^2) \Phi_{i_1, i_2, i_3, i_4} = 0$ (solutions de Fierz) se répartissent entre un état de spin total $2.(h/2\pi)$, trois états de spin total $h/2\pi$ et deux états de spin total 0.

Les solutions de (7) et de $[\square - (2m_0 c)^2] \Phi_{i_1, i_2, i_3, i_4} = 0$ se répartissent entre deux états de spin total $h/2\pi$ et deux états de spin total 0.

Si une règle de sélection écarte l'interaction par les états de spin total $2.(h/2\pi)$, l'interaction par le corpuscule défini par (7) pourra être considérée comme correspondant à une interaction par un corpuscule de spin $h/2\pi$ (pouvant être assimilé à un méson vectoriel) réparti entre les états de masse m_0

et $2m_0$ avec les poids 3 et 2, et à une interaction par un corpuscule de spin 0 (méson pseudoscalaire) réparti entre les états de masse m_0 et $2m_0$ avec les poids 2 et 2. Dans une théorie comportant simultanément des interactions par les états vectoriels et par les états pseudoscalaires, le méson vectoriel apparaîtra avec la masse moyenne $(7/5)m_0$ et le méson pseudoscalaire avec la masse moyenne $(3/2)m_0$, d'où un rapport entre la masse apparente dans l'état vectoriel et la masse apparente dans l'état pseudoscalaire $\eta = 14/15$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur quelques points du problème des deux corps en Mécanique ondulatoire relativiste.* Note ⁽¹⁾ de M. SERGE SLANSKY.

1. De même que les équations de Dirac pour un corpuscule en l'absence de champ ont pour conséquence une équation du second ordre vérifiée par chacune des 4 composantes de la fonction d'ondes, les 16 composantes de la fonction d'ondes d'un système de deux corpuscules *indépendants* vérifient une même équation aux dérivées partielles du quatrième ordre, qu'on peut déduire de la relation qui lie en Dynamique relativiste l'énergie W d'un corpuscule à son impulsion \vec{P} et à sa masse propre m . S'il n'y a pas d'interaction, l'énergie du système est la somme des énergies des deux corpuscules

$$(1) \quad W = W_1 + W_2;$$

pour chaque corpuscule on a

$$(2) \quad \frac{W_k^2}{c^2} = p_k^2 + m_k^2 c^2 \quad (k = 1, 2).$$

Il en résulte la relation

$$(3) \quad \left(\frac{W^2}{c^2} - p_1^2 - p_2^2 - m_1^2 c^2 - m_2^2 c^2 \right)^2 - 4(p_1^2 + m_1^2 c^2)(p_2^2 + m_2^2 c^2) = 0.$$

En remplaçant W , \vec{p}_1 , \vec{p}_2 par les opérateurs qui leur correspondent en Mécanique ondulatoire, nous obtenons l'équation

$$(4) \quad \left\{ \left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta_1 - \Delta_2 + \frac{4\pi^2}{h^2} c^2 (m_1^2 + m_2^2) \right]^2 - 4 \left(\Delta_1 + \frac{4\pi^2 c^2}{h^2} m_1^2 \right) \left(\Delta_2 + \frac{4\pi^2 c^2}{h^2} m_2^2 \right) \right\} \Psi = 0,$$

en posant

$$\Delta_k = \frac{\partial^2}{\partial x_k^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_k^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_k^2} \quad (k = 1, 2)$$

Donc, s'il n'y a pas d'interaction, les équations d'ondes d'un système de deux corpuscules doivent avoir pour conséquence l'équation (4). On peut vérifier qu'il en est bien ainsi en partant de l'équation d'ondes.

⁽¹⁾ Séance du 19 février 1945.

Il suffit d'appliquer à gauche l'opérateur

$$\left[\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} + \sum \alpha_i^{(j)} \frac{\partial}{\partial x_j} + \dots + \frac{2\pi i c}{h} m_j \alpha_i^{(j)} \right],$$

puis

$$\left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta_1 - \Delta_2 + \frac{4\pi^2 c^2}{h^2} (m_2^2 + m_1^2) \right. \\ \left. + 2(\alpha_1^{(1)} \frac{\partial}{\partial x_1} + \dots + \frac{2\pi i c}{h} m_1 \alpha_1^{(1)}) (\alpha_1^{(2)} \frac{\partial}{\partial x_2} + \dots + \frac{2\pi i c}{h} m_2 \alpha_1^{(2)}) \right].$$

Si les deux corpuscules ne sont pas indépendants, pour avoir l'équation qui remplace dans ce cas l'équation (4), il ne suffit pas, comme on le ferait pour l'équation du premier ordre (5), de remplacer l'opérateur $(h/2\pi i) \partial/\partial t$ par $(h/2\pi i) \partial/\partial t - R$, à moins que l'opérateur d'interaction R ne satisfasse certaines relations de commutation.

2. Pour un système de deux corpuscules en Mécanique classique non relativiste, s'il n'y a pas d'actions extérieures, le centre de gravité a un mouvement rectiligne uniforme. La propriété correspondante du centre de gravité en Mécanique ondulatoire est que sa quantité de mouvement est une intégrale première. Mais ici cette propriété est commune à tous les points dont les coordonnées X, Y, Z , sont de la forme

$$X = ax_1 + (1-a)x_2; \quad Y = ay_1 + (1-a)y_2; \quad Z = az_1 + (1-a)z_2$$

quel que soit a . En appliquant à l'un quelconque de ces points la méthode par laquelle on calcule habituellement la quantité de mouvement du centre de gravité, nous trouvons toujours une quantité de mouvement égale à la quantité de mouvement totale du système, ce qui suffit pour qu'elle soit intégrale première.

En Mécanique ondulatoire *non relativiste*, on peut achever de définir le centre de gravité par la *condition de séparation*. En l'absence de champ extérieur, l'hamiltonien du système peut se décomposer en une somme de deux termes, l'un ne contenant que les variables qui décrivent le mouvement du centre de gravité, l'autre indépendant du mouvement du centre de gravité. On trouve alors qu'il faut que l'on ait $a = m_1/(m_1 + m_2)$; $1 - a = m_2/(m_1 + m_2)$.

En Mécanique ondulatoire relativiste, la condition ne peut généralement pas être satisfaite. D'autre part, si l'on cherche à associer à un système de deux corpuscules un point qui, *du point de vue de la Mécanique relativiste ponctuelle*, aurait une quantité de mouvement égale à la somme de celles des deux corpuscules si on lui attribuait une masse convenable, ce point dépend des vitesses des corpuscules et du choix du repère galiléen de l'observateur. On ne peut donc pas en déduire une définition simple du centre de gravité en Mécanique relativiste.

Nous pouvons conclure des résultats précédents que *le calcul des opérateurs cinétiques du centre de gravité par la méthode du changement de variables n'a pas*

une signification physique simple. En Mécanique ondulatoire relativiste, on ne peut pas assimiler la quantité de mouvement du centre de gravité, ainsi calculée, à celle d'un corpuscule qui serait placé en un point ayant un sens physique bien défini, ce qui peut s'expliquer par le fait que, contrairement au cas de la Mécanique ondulatoire simple, deux corpuscules de même type qui viennent se confondre en un seul, qui coïncide alors avec leur centre de gravité, forment un corpuscule d'un type différent.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une application d'une formule de statistique classique à la théorie des naines blanches.* Note ⁽¹⁾ de M. ÉVRY SCHATZMAN.

Nous avons étudié dans une Note précédente ⁽²⁾ la répartition la plus probable, sous l'influence de la pesanteur, d'un gaz de noyaux. Nous avons implicitement tenu compte des forces électrostatiques, en écrivant que la charge par unité de volume est égale au nombre d'électrons qui s'y trouvent, la répartition du nombre d'électrons se calculant à l'aide de l'équation d'équilibre hydrostatique.

Dans les naines blanches, les conditions physiques sont telles que les atomes sont complètement ionisés et que le gaz de noyaux est indépendant du gaz d'électrons. Nos équations sont donc applicables. L'énergie potentielle W_{ik} est

$$W_{ik} = \int_0^{r_k} m_i g dr,$$

et la température T qui figure dans les équations est la température locale.

Nous supposons, pour les calculs, l'étoile formée d'hydrogène et d'un élément moyen, qui représentera le mélange de Russel. On peut en effet démontrer que, pour un mélange à $A/Z \neq 2$ en présence d'hydrogène à $A/Z \neq 1$, on peut remplacer le mélange par un élément moyen pour lequel

$$A = \sum A_i c_i, \quad Z = \sum Z_i c_i,$$

les c_i étant les concentrations, A_i et Z_i les masses atomiques et numéros atomiques. Pour le mélange de Russel, $A = 25,1$; $Z = 12,2$.

Nous allons montrer que dans les naines blanches la séparation est quasi complète entre le mélange de Russel et l'hydrogène, et nous allons donner une mesure de cette séparation en définissant une hauteur de mélange. En tout point situé entre les rayons r_1 et r_2 le produit $n_H n_R$ du nombre d'atomes d'hydrogène par le nombre d'atomes d'espèce R est supérieur à la moitié de sa valeur maximum.

En supposant que le nombre \mathcal{N} d'électrons par unité de volume et la

⁽¹⁾ Séance du 26 février 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 478.

température T sont constants dans le domaine $r_1 r_2$, on trouve, en posant $Z_2/Z_1 = \alpha$,

$$\Delta r = \frac{\mathcal{R} T}{g} \frac{\alpha + 1}{A_2 - \alpha A_1} \log_e 5,82,$$

d'où

$$\Delta r = 1,50 \cdot 10^8 \frac{T}{g}$$

Pour une naine blanche typique $T \approx 10^7$ degrés, $g \approx 10^8$, d'où

$$\Delta r \approx 1,5 \cdot 10^7,$$

alors que le rayon de l'étoile est $r \approx 10^9$, donc

$$\frac{\Delta r}{r} \approx 1,5 \cdot 10^{-2}.$$

La hauteur de mélange est petite devant le rayon de l'étoile. *Nous pourrions décrire schématiquement l'étoile par une couche d'hydrogène flottant à la surface d'un noyau d'éléments lourds.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Expression générale des opérateurs fondamentaux attachés à un système formé de deux corpuscules de Dirac.*

Note ⁽¹⁾ de M^{lle} JEANNINE VIARD.

1. Comme application de la Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes qu'il a édifiée, M. Jean-Louis Destouches a étudié le cas particulier d'un système formé de deux corpuscules de Dirac, et il a indiqué une solution particulière pour les opérateurs fondamentaux attachés à ce système ⁽²⁾. M. Destouches s'est en effet borné à envisager le cas où les opérateurs $\mathcal{A}^{(i)}$ et $\mathcal{B}^{(i)}$ qui s'introduisent dans sa généralisation de la transformation de Lorentz sont égaux; or une telle restriction sur les opérateurs $\mathcal{A}^{(i)}$ et $\mathcal{B}^{(i)}$ n'est nullement imposée par la théorie. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de rechercher la forme la plus générale des opérateurs attachés au système, cette forme pouvant avoir une influence sur l'expression de l'opérateur d'interaction.

2. Dans le cas d'un système formé de deux électrons, les opérateurs \mathbf{T}_μ^+ et \mathbf{T}_μ , associés à un changement de repère défini par une transformation de Lorentz simple infinitésimale, doivent satisfaire au système d'équations

$$\begin{aligned} \mathbf{T}_\mu^+ \mathbf{a}_\mu^i - \mathbf{a}_\mu^i \mathbf{T}_\mu &= 0, & \mathbf{T}_\mu^+ \sum_i \mathbf{c}^i - \sum_i \mathbf{c}^i \mathbf{T}_\mu &= 0, & \mathbf{T}_\mu^+ \mathbf{a}_\mu^i - \mathbf{a}_\mu^i \mathbf{T}_\mu &= \mathcal{B}^{(i)}, \\ \mathbf{T}_\mu^+ - \mathbf{T}_\mu &= \sum_i \mathbf{a}_\mu^i \mathcal{A}^{(i)}. \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Séance du 3 janvier 1945.

⁽²⁾ J.-L. DESTOUCHES, *Principes fondamentaux de Physique théorique*, 3, Paris, 1942.

Si de plus l'on pose $\mathbf{T}_\mu(1, 2) = \mathbf{T}_\mu(2, 1)$ et $\mathbf{T}_\mu^+(1, 2) = \mathbf{T}_\mu^+(2, 1)$, condition qui tient compte du fait que les deux électrons sont deux corpuscules indiscernables qui jouent dans le système des rôles identiques, on obtient pour expression la plus générale de \mathbf{T}_μ et \mathbf{T}_μ^+

$$\begin{aligned}\mathbf{T}_\mu &= t_0 + t_1(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{S}_{sy}^2 + \mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{S}_{sy}^2) + t_2(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{S}_{sy}^2) \\ &\quad + t_3(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{a}_s^2 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{a}_s^1 + \mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{a}_s^2 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{a}_s^1 \mathbf{S}_{sy}^2) + t_4(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_s^2 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_s^1), \\ \mathbf{T}_\mu^+ &= t_0 + t_1(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{S}_{sy}^2) - t_1(\mathbf{S}_{sy}^1 \mathbf{a}_\mu^1 + \mathbf{S}_{sy}^2 \mathbf{a}_\mu^2) + t_2(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{S}_{sy}^2) \\ &\quad + t_3(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{a}_s^2 \mathbf{S}_{sy}^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{a}_s^1 \mathbf{S}_{sy}^2) - t_3(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\lambda^1 \mathbf{a}_s^2 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\lambda^2 \mathbf{a}_s^1) - t_4(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_s^2 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_s^1),\end{aligned}$$

où les constantes t_m sont indéterminées.

3. Le système d'équations précédent nous détermine aussi les formes des opérateurs $\mathcal{A}^{(i)}$ et $\mathcal{B}^{(i)}$; on trouve

$$\mathcal{B}^{(i)} = -2t_1(\mathbf{S}_{sy}^i + \mathbf{S}_{sy}^i) - 2t_2\mathbf{a}_s^i - 2t_3(\mathbf{a}_1^i \mathbf{a}_2^i \mathbf{a}_3^i \mathbf{a}_s^i + \mathbf{a}_1^i \mathbf{a}_2^i \mathbf{a}_3^i \mathbf{a}_s^i) - 2t_4\mathbf{a}_s^i.$$

Pour $\mathcal{A}^{(i)}$ on trouve un développement assez long suivant une base de 31 termes, les éléments de la base étant non pas des monomes, mais des sommes de monomes; les seuls éléments apparaissant sous forme de monomes sont les termes $\mathbf{a}_1^i \mathbf{a}_2^i \mathbf{a}_3^i \mathbf{a}_s^i$, \mathbf{a}_s^i et \mathbf{S}_{sy}^i qui figurent aussi dans $\mathcal{B}^{(i)}$. $\mathcal{A}^{(i)}$ est de la forme

$$\mathcal{A}^{(i)} = -(A_1 + 2t_3)\mathbf{a}_1^i \mathbf{a}_2^i \mathbf{a}_3^i \mathbf{a}_s^i + (A_2 - 2t_4)\mathbf{a}_s^i - (A_3 + 2t_1)\mathbf{S}_{sy}^i,$$

plus des termes dont les coefficients sont des constantes indéterminées, indépendantes des t_m et qui sont des sommes de monomes.

On voit sur les formes obtenues pour les opérateurs $\mathcal{A}^{(i)}$ et $\mathcal{B}^{(i)}$ que si l'on impose la condition supplémentaire $\mathcal{A}^{(i)} = \mathcal{B}^{(i)}$, la seule solution acceptable est alors, à une constante multiplicative près, celle donnée par M. Destouches; on a alors en effet

$$\mathcal{A}^{(i)} = \mathcal{B}^{(i)} = -2t_4\mathbf{a}_s^i,$$

ce qui entraîne

$$-\mathbf{T}_\mu^+ = \mathbf{T}_\mu = t_4(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_s^2 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_s^1).$$

La solution donnée par M. Destouches correspondait au cas où l'on fixe $t_4 = -(1/2)$.

4. Les opérateurs $\mathbf{T}_{\mu\nu}$ associés à une rotation et \mathbf{S}_{sy} associé à un changement de sens du trièdre de référence pour un système de deux électrons, ont pour forme générale

$$\mathbf{T}_{\mu\nu} = k + \frac{1}{2}(\mathbf{a}_\mu^1 \mathbf{a}_\nu^1 + \mathbf{a}_\mu^2 \mathbf{a}_\nu^2), \quad \mathbf{S}_{sy} = s\mathbf{S}_{sy}^1 \mathbf{S}_{sy}^2.$$

On retrouve la solution de M. Destouches si l'on fixe pour valeurs des constantes indéterminées k et s , $k = 0$ et $s = 1$.

5. L'expression donnée par M. Slansky pour les transformations $\mathcal{F}^{(n)}$ finies généralisant en Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes les transformations simples de Lorentz, est à modifier dans le cas où $\mathcal{A}^{(i)}$ est différent

de $\mathfrak{B}^{(i)}$; on obtient après intégration les formules de transformation valables dans le cas d'un système de n corpuscules quelconques

$$x_{\mu}^{t'} = x_{\mu}^t + \mathfrak{B}^{(i)} \frac{\text{ch}(\mathbf{K}\xi) - 1}{\mathbf{K}^2} \sum_{j=1}^n \mathfrak{A}^{(j)} x_{\mu}^j + \mathfrak{B}^{(i)} \frac{\text{sh}(\mathbf{K}\xi)}{\mathbf{K}} ct,$$

$$ct' = \text{ch}(\mathbf{K}\xi) ct + \frac{\text{sh}(\mathbf{K}\xi)}{\mathbf{K}} \sum_{j=1}^n \mathfrak{A}^{(j)} x_{\mu}^j,$$

où $\mathbf{K} = \sum_{i=1}^n \mathfrak{A}^{(i)} \mathfrak{B}^{(i)}$. Si dans ces formules on fait $\mathfrak{A}^{(i)}$ et $\mathfrak{B}^{(i)}$ égaux et si l'on tient compte que dans ce cas $\mathfrak{A}^{(i)}$ et \mathbf{K} commutent, on retrouve bien les formules données par Serge Slansky ⁽³⁾.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Cavités électromagnétiques oscillantes semi-transparentes*. Note ⁽¹⁾ de M. **THÉO RAHAN**.

Nous définissons la cavité électromagnétique semi-transparente comme une cavité pratiquée dans un corps conducteur et munie d'une paroi ou d'une portion de paroi semi-transparente, c'est-à-dire laissant passer une partie de l'onde incidente et réfléchissant l'autre.

Une telle paroi semi-transparente peut être constituée, entre autres, par une couche métallique mince déposée sur un support diélectrique, tel qu'un disque de verre ou de styroflexe à faibles pertes diélectriques; toute onde frappant une telle paroi est en partie réfléchie et en partie transmise.

Ceci posé, on sait qu'un guide d'onde diélectrique constitué par un tuyau conducteur transmettant dans son intérieur des ondes hyperfréquences (ondes électromagnétiques de l'ordre du décimètre), doit être terminé, à l'extrémité réceptrice, par une impédance égale à son impédance caractéristique, pour éviter l'établissement d'un système d'ondes stationnaires dû à la superposition de l'onde incidente et de l'onde réfléchie, et afin de rendre maxima la puissance reçue à l'extrémité réceptrice.

La méthode et le dispositif qui font l'objet de la présente Note et que nous avons expérimentés avec succès, consistent à disposer, à l'extrémité réceptrice d'un tel guide diélectrique, une cavité résonante semi-transparente. Cette cavité semi-transparente est constituée, dans le cas d'un guide cylindrique circulaire droit par exemple, par un court tronçon de tube métallique fermé d'un côté par un disque diélectrique semi-métallisé (semi-argenté ou semi-aluminé), de l'autre côté par un piston réflecteur mobile (en métal).

Lorsque cette cavité semi-transparente est placée sur le trajet de l'onde inci-

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 704.

⁽¹⁾ Séance du 29 janvier 1945.

dente constituant le signal transmis, de façon que l'onde incidente pénètre dans la cavité par la paroi transparente, cette onde incidente sera en partie réfléchie par la lame semi-métallisée et renvoyée ainsi dans le guide, et en partie transmise par cette lame vers le piston réflecteur qui la réfléchit complètement. La partie réfléchie par le piston retransverse la lame semi-métallisée et interfère avec la partie de l'onde incidente réfléchie par ladite lame. En choisissant judicieusement l'épaisseur de la couche métallique constituant la paroi semi-transparente et l'emplacement du piston réflecteur, on arrive à détruire, par interférence, les deux ondes réfléchies, ce qui supprime la possibilité d'établissement d'un système d'ondes stationnaires. La cavité semi-transparente joue alors le rôle de l'impédance caractéristique adaptée au guide d'onde.

Les éléments de l'impédance terminale qui viennent d'être décrits peuvent être établis par le calcul; ils peuvent l'être aussi expérimentalement en relevant, au moyen d'une sonde détectrice munie d'une antenne, le rapport des amplitudes I_v et I_n des courants recueillis par cette sonde, respectivement dans un nœud et dans un ventre du système d'ondes stationnaires.

La courbe représentant les variations de ce rapport en fonction de l'épaisseur de la couche de métallisation de la lame diélectrique, passe par un minimum égal à l'unité lorsque les ondes stationnaires disparaissent, c'est-à-dire lorsque l'impédance terminale constituée par la cavité oscillante semi-transparente est parfaitement adaptée à l'impédance propre du guide diélectrique.

Ces parois et cavités semi-transparentes peuvent encore recevoir d'autres applications intéressantes. Ainsi une ou plusieurs parois semi-transparentes, placées à la jonction de deux guides de diamètre différent, de manière à fermer totalement ou partiellement la section droite des guides, permettent d'adapter l'un à l'autre les deux guides, de façon à supprimer les réflexions nuisibles qui ne manquent pas de se faire sentir à la jonction (parois et cavités transformatrices).

De même une ou plusieurs parois semi-transparentes placées à la jonction d'un guide diélectrique et d'un cornet (radiateur) électromagnétique permettent, par un choix judicieux de l'épaisseur de la couche métallique et de son aire, de supprimer toutes réflexions nuisibles à la jonction, et d'adapter ainsi le cornet au guide, au point de vue de l'impédance itérative; il est également possible d'adapter ainsi l'impédance d'un cornet électromagnétique à l'espace libre dans lequel il rayonne l'énergie hyperfréquence.

ELECTROTECHNIQUE. — Remarques sur les équations de propagation sur une ligne quelconque. Note (1) de M. FRANÇOIS RAYMOND.

Considérons une ligne bifilaire, ou un câble coaxial, dont les coefficients linéiques d'auto-inductance, de capacité, de résistance, et de perditanche latérale sont respectivement, l , c , r et g , fonctions de l'abscisse x sur la ligne.

(1) Séance du 26 mars 1945.

On a souvent besoin d'étudier le fonctionnement d'une telle ligne à partir du repos au temps $t=0$; désignant par V et I les transformées de Laplace de la différence de potentiel $v(x, t)$ et de l'intensité du courant $i(x, t)$, les équations de propagation s'écrivent alors

$$(1) \quad \begin{cases} \frac{dV}{dx} = -\alpha I, & \alpha = lp + r, & V = \int_0^\infty e^{-pt} v dt, \\ \frac{dI}{dx} = -\beta V, & \beta = cp + g, & I = \int_0^\infty e^{-pt} i dt. \end{cases}$$

On désigne par P le vecteur de composantes V et I et par M la matrice (β^α) .

Le système (1) s'écrit

$$(2) \quad dP = -M \cdot P \cdot dx.$$

Nous désirons exprimer les éléments de sortie de la ligne en fonction des éléments d'entrée, définis par P_0 pour $x=0$; la théorie du quadripôle s'applique et l'on a

$$(3) \quad P = T \cdot P_0,$$

T étant une matrice que nous calculerons.

M. Parodi a donné des expressions générales des éléments de cette matrice ⁽²⁾, J. Ville ⁽³⁾ également dans le cas où la constante de propagation $\gamma = \sqrt{\alpha\beta}$ est constante et où l'impédance itérative $Z = \sqrt{\alpha/\beta}$ varie peu (problème des irrégularités des câbles coaxiaux). L'étude des échos et trainages résultant des réflexions multiples des ondes se propageant dans les deux sens, accompagnant le cheminement d'un signal, réflexions dues aux valeurs différentes d'un point à un autre de l'impédance Z , implique un procédé de calcul mettant en évidence ces deux sortes d'ondes. C'est le principe de ce calcul que nous indiquons ci-dessous.

Les deux sens de propagation sont liés aux valeurs propres λ_1 et λ_2 de la matrice M , racines de

$$(4) \quad \lambda(I) - M = 0.$$

Soit donc $\lambda_1 = \gamma = \sqrt{\alpha\beta}$, $\lambda_2 = -\gamma$. La matrice de transformation correspondante est

$$(5) \quad C = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} z & -z \\ 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Soit donc Q le nouveau vecteur défini par $P = CQ$. L'équation (2) devient

$$(6) \quad \frac{dQ}{dx} = - \left[C^{-1} \frac{dC}{dx} + C^{-1} M C \right] Q.$$

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 876-878.

⁽³⁾ *Bull. Soc. franç. Électr.*, 6^e série, 4, 1944, n° 41, pp. 228-229.

Posons $N_0 = C^{-1}MC = \begin{pmatrix} \gamma & \\ & -\gamma \end{pmatrix}$ et $N_1 = C^{-1} \frac{dC}{dx}$

et cherchons une solution de la forme ΣQ ; (I) étant la matrice unité, on écrira

$$(7) \quad \left[(I) \frac{d}{dx} + N_0 \right] Q_1 = 0, \quad \dots, \quad \left[(I) \frac{d}{dx} + N_0 \right] Q_i = -N_1 Q_{i-1}.$$

La solution de la première est immédiate puisque N_0 est diagonale, elle s'écrit

$$(8) \quad Q_1 = \begin{pmatrix} e^{-\Gamma} & \\ & e^{\Gamma} \end{pmatrix} Q_0 = \mathcal{N}_0 Q_0, \quad \text{avec } \Gamma = \int_0^x \gamma dx.$$

On voit apparaître deux ondes se propageant en sens contraires avec la constante de propagation moyenne définie par $\gamma_m = 1/x \int_0^x \gamma dx$.

La résolution des autres équations s'effectue par la méthode de variation des constantes (*ici* Q_0), et l'on a

$$Q_i = \mathcal{N}_0 Q'_i \quad \text{et} \quad Q'_i = \int_0^x \mathcal{N}_0^{-1} M, \mathcal{N}_0 Q'_{i-1} dx.$$

Finalement en posant $\mathcal{M} = \mathcal{N}_0^{-1} N_1 \mathcal{N}_0$, la matrice T prend la forme

$$(9) \quad T = C_x \mathcal{N}_0 \left[(I) - \int_0^x \mathcal{M} dx + \int_0^x \mathcal{M} dx \int_0^x \mathcal{M} dx - \int_0^x \mathcal{M} dx \int_0^x \mathcal{M} dx \int_0^x \mathcal{M} dx + \dots \right] C_0^{-1},$$

où C_x est la valeur prise par la matrice C au point x , et C_0 sa valeur au point $x = 0$.

Le développement de cette formule ne souffre pas de difficultés.

Les calculs se simplifient en supposant $\gamma = \text{const.}$ le long de la ligne, et l'on aboutit à des relations analogues à celles de J. Ville (*).

(*) Si l'on cherche une solution $P = \Sigma P_i$ de l'équation (3) et que l'on résout selon le mécanisme

$$\frac{dP_i}{dx} = -MP_{i-1},$$

on a

$$P = P_0 - \int_0^x MP_0 dx + \int_0^x M dx \int_0^x MP_0 dx - \int_0^x M dx \int_0^x M dx \int_0^x MP_0 + \dots,$$

qui développée donne immédiatement les relations de Parodi, en fonction d'intégrations successives sur α et β .

Le premier terme de (9) est la matrice suivante :

$$(10) \quad \begin{pmatrix} \frac{Z}{Z_0} \operatorname{ch} \Gamma & -\operatorname{sh} \Gamma \\ -\frac{1}{Z_0} \operatorname{sh} \Gamma & \operatorname{ch} \Gamma \end{pmatrix}$$

laquelle, si $Z \sim Z_0$, est exactement celle d'une ligne uniforme ($\alpha = \text{const.}$, $\beta = \text{const.}$).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et cyclisation de l'artémisiacétone.*

Note ⁽¹⁾ de MM. JEAN COLONGE et PIERRE DUMONT, présentée par M. Marcel Delépine.

L'artémisiacétone, composé terpénique aliphatique à enchaînements isopréniques irrégulièrement distribués, a été isolée de l'essence d'*Artemisia annua* ⁽²⁾; c'est la *triméthyl-2.5.5 heptadiène-1.6 one-4* (I); sa constitution fut établie par voie analytique ⁽³⁾ et confirmée plus tard par la synthèse de son dérivé tétrahydrogéné ⁽⁴⁾. Restait à faire la synthèse de l'artémisiacétone elle-même, cétone β - β' -diéthylénique; celle-ci a été réalisée en traitant l'isobutylène par le chlorure de l'acide diméthylvinylacétique en présence de petites quantités de chlorure stannique, selon la technique décrite par l'un de nous ⁽⁵⁾ à propos de la préparation des cétones monoéthyléniques.

Cependant, au lieu du mélange normalement attendu d'artémisiacétone (I) et d'isoartémisiacétone (II), la condensation précédente a fourni un mélange de la première cétone et d'un isomère cyclanique, la *triméthyl-1.4.4 cycloheptène-5 one-3* (III). Les deux cétones peuvent être séparées grâce aux vitesses de formation très différentes de leurs semicarbazones et elles sont obtenues pures par hydrolyse de ces dernières.

En outre, l'artémisiacétone peut être isomérisée en *triméthyl-1.4.4 cycloheptène-5 one-3* par le réactif de Grignard et Tchéoufaki (60 % d'acide acétique cristallisable et 40 % d'acide sulfurique concentré). Cette propriété est liée à la position des deux liaisons éthyléniques, position 1.6, et nous avons reconnu que cette aptitude à la cyclisation est commune à toutes les cétones aliphatiques (et sans doute de toutes les séries) β - β' -diéthyléniques.

La constitution de la cétone cyclique (III) a été établie de la façon suivante :

1° l'oxydation permanganique conduit à de l'acide diméthylmalonique;

2° par hydrogénation catalytique sur nickel Raney, on obtient la *trimé-*

⁽¹⁾ Séance du 12 mars 1945.

⁽²⁾ ASAHINA et JOSHITOMI, *Bericht von Schimmel und Co*, Leipzig, 1918, p. 6.

⁽³⁾ ASAHINA et TAKAGI, *Journ. Pharm. Soc. Japan*, 464, 1920, pp. 837 à 864.

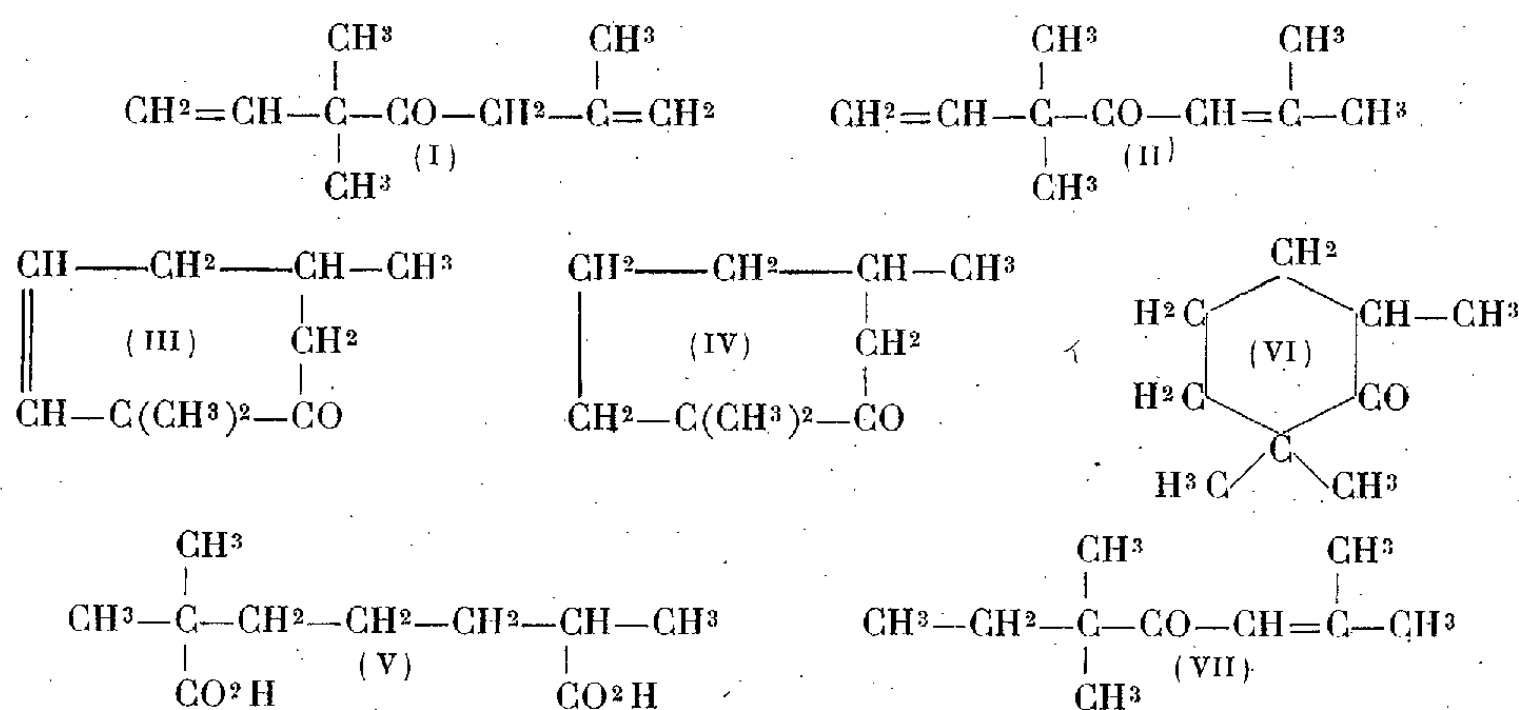
⁽⁴⁾ RUZICKA, REICHSTEIN et PULVER, *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 646.

⁽⁵⁾ J. COLONGE et MOSTAFAVI, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 339.

thyl-1.4.4 cycloheptanone-3 (IV); ceci prouve que les carbones éthyléniques ne portent pas de substitutions hydrocarbonées;

3° l'oxydation de la triméthylcycloheptanone, par l'acide nitrique ou par le permanganate de potassium, conduit à un acide pimélique substitué : le *triméthyl-2.2.6 heptanedioïque* (V) dont la structure est prouvée par sa transformation en *triméthyl-1.3.3 cyclohexanone-2* (VI) déjà connue et identifiée par sa semicarbazone.

Pour compléter notre étude, nous avons fait la synthèse d'une dihydroisoartémisiacétone, la *triméthyl-2.5.5 heptène-2 one-4* (VII), par action du chlorure de l'acide α - α -diméthylbutyrique sur l'isobutylène, en présence de petites quantités de chlorure stannique.



Artémisiacétone (I), $\text{C}^{10}\text{H}^{16}\text{O}$, É_{760} 182°; d_4^{14} 0,882; n_d^{14} 1,4699; R. M. obs. 47,80; calc. 47,46.

Semicarbazone de l'artémisiacétone, $\text{C}^{11}\text{H}^{19}\text{ON}^3$, F 95°-96° (alcool méthylique à 40 %).

Triméthyl-1.4.4 cycloheptène-5 one-3 (III), $\text{C}^{10}\text{H}^{16}\text{O}$, É_{760} 199°-200°; d_4^{17} 0,916; n_d^{17} 1,4795; semicarbazone F 229° (xylène) (dégage en fondant une odeur de violette).

Triméthyl-1.4.4 cycloheptanone-3 (IV), $\text{C}^{10}\text{H}^{18}\text{O}$, É_{760} 191°; $d_4^{14,5}$ 0,878; $n_d^{14,5}$ 1,4421; semicarbazone F 142°.

Triméthyl-2.2.6 heptanedioïque (V), $\text{C}^{10}\text{H}^{18}\text{O}^4$, F 124°-125°.

Triméthyl-2.5.5 heptène-2 one-4 (VII), $\text{C}^{10}\text{H}^{18}\text{O}$, É_{760} 180°; d_4^{15} 0,856; n_d^{15} 1,4524.

GÉOLOGIE. — *Mouvements d'âge crétacé supérieur sur les bordures SE et NE du Bassin d'Alès (Gard)*. Note (1) de M. HENRY AGALÈDE, présentée par M. Charles Jacob.

Le bassin tertiaire d'Alès (Gard) est constitué par des sédiments lacustres ou continentaux, argilo-gréseux, conglomératiques et calcaires de l'Oligocène et de l'Éocène, qui reposent en discordance sur les marno-calcaires et les calcaires

(1) Séance du 25 septembre 1944.

du Crétacé inférieur et moyen plissés en anticlinaux et synclinaux, constituant la terminaison nord de la Garrigue nîmoise.

Dans le Sud-Est de la Feuille d'Alès au 1/80000, cette terminaison comprend du Sud au Nord les anticlinaux de Saint-Just, du Bouquet, d'Allègre et de Rochegude, ainsi que les synclinaux de Brouzet-les-Alais, Suzon, Boisson, Tharoux. Cet ensemble de structures est recouvert à l'Ouest d'une part par les sédiments de l'Éocène inférieur (Yprésien, Lutétien, Bartonien) des régions de Mons et d'Auzon et d'autre part par les sédiments de l'Oligocène inférieur (Sannoisien) dans les régions de Rochegude, Saint-Jean-de-Maruéjols, Barjac. Ces plis du Crétacé inférieur et moyen, d'orientation N-60°-O, s'ennoient ou disparaissent péricleinalement sous le Bassin d'Alès, d'orientation longitudinale N-40°-E, c'est-à-dire de direction perpendiculaire à la précédente.

Le contact Tertiaire-Crétacé, dans la région de Mons, où la disparition Ouest de l'anticlinal de Saint-Just sous les sédiments de l'Éocène inférieur, s'observe parfaitement le long de la falaise située au N-NE de Mons. Là, au-dessus des marno-calcaires du Valanginien supérieur et d'un conglomérat à éléments de l'Hauterivien inférieur, d'âge vraisemblablement crétacé supérieur, dont les pendages sont de 25°, viennent les marnes panachées et les conglomérats polygéniques de l'Éocène inférieur surmontés par les calcaires lacustres du Sannoisien inférieur dont *les pendages, discordants sur les précédents*, ne sont plus que de 10°.

Toujours dans la même région, mais au Sud-Est de Mons, au lieudit *Dumas*, sur la retombée Sud de l'anticlinal de Saint-Just, repose *horizontalement*, tantôt sur des marnes du Valanginien supérieur, tantôt sur les marno-calcaires de l'Hauterivien inférieur plissés et de mêmes pendages que précédemment, un ensemble de marnes panachées et de calcaires lacustres intercalaires (Yprésien et Lutétien) de l'Éocène inférieur.

Dans la région synclinale de Brouzet-les-Alais, des faits analogues, quoique moins nets, sont tout aussi observables. Sur le faciès Urgonien du Barrémien supérieur qui constitue l'axe de ce synclinal et dont les pendages observés sont de 25° en moyenne, reposent, avec des pendages qui ne sont plus que de 10°-15°, les marnes panachées ou rougeâtres de l'Yprésien, les calcaires lacustres du Lutétien et les conglomérats barténiens de l'Éocène inférieur de la plaine des Plans. Mais, alors que l'ensemble des pendages des calcaires du Barrémien supérieur possède une orientation générale SW pour le flanc NE et NE pour le flanc SO de ce synclinal, les pendages de l'Éocène inférieur remplissant le fond de la cuvette de Brouzet (plaine des Plans) sont *monoclinaux* et d'orientation W ou NW, c'est-à-dire totalement différents, et n'épousent pas les formes synclinales du relief crétacé. Au fond il y a une indépendance absolue, du seul point de vue tectonique, entre le Crétacé d'une part et le Tertiaire d'autre part, les pendages du Tertiaire étant, nous le répétons, perpendiculaires à ceux du Crétacé.

Au Sud du village de Brouzet-les-Alais, le faciès urgonien du Barrémien supérieur est recouvert, très localement du reste, en concordance absolue par des grès et sables céno-maniens à *Exogyra columba* et *Inoceramus cf. labiatus*. Ce lambeau de Crétacé moyen participe au régime synclinal, mais se trouve recouvert à l'Ouest par les marnes panachées *discordantes* de l'Yprésien.

Près de Boisson, sur le flanc Sud du synclinal de même nom, apparaît une bande de grès et sables céno-maniens recouverts *en concordance* par des calcaires jaunâtres du Turonien, où j'ai recueilli quelques *Ostrea flabellata* et des calcaires récifaux à *Radiolites Sauvagesi* du Coniacien. Dans cette région le contact Barrémien supérieur Cénomanien est affecté par une faille qui a pour effet, dans la région du pont d'Auzon en particulier,

de redresser à la verticale le groupe Cénomarien, Turonien, Coniacien. L'épisode terminal du Coniacien est représenté uniquement aux environs de Boisson par un petit lambeau de sables et argiles, rapporté à tort par les deux éditions de la Feuille géologique d'Alès, au Santonien.

Le Crétacé supérieur, en ses termes supérieurs, Santonien, Campanien, Maestrichtien, Danien, fait donc défaut dans la région envisagée. On peut y admettre, dès le Santonien, une émergence, suivie vers le Maestrichtien de mouvements tectoniques ayant contribué à la formation des anticlinaux et synclinaux d'âge Crétacé supérieur. Il est probable que la morphologie actuelle était préfigurée à l'aube des temps tertiaires et que les mouvements néogènes ne sont venus rajeunir qu'un vieil état de choses.

A ces mouvements horizontaux se rattachent des mouvements verticaux de même âge, tout au moins quant à leur origine première, comme la faille Mons-Auzon-Avéjan. Cet accident, qui joue tantôt dans les sédiments tertiaires (Mons-les-Fumades), tantôt entre le Tertiaire et le Crétacé (Rochegude-Saint-Privat de Champclos), tantôt dans le Crétacé (Boisson) est *un accident crétacé de même âge que les structures précédentes, repris lors des mouvements tectoniques du Néogène*.

En effet, on observe dans la région d'Huzon, les marno-calcaires de l'Haute-rivien inférieurs *redressés à la verticale*, buttant par faille contre les calcaires à *Cyrena semistriata* du Sannoisien supérieur *subhorizontaux* (10-15°). Des faits du même ordre s'observent au Nord-Est des Fumades, le long du Merdanson, où, de part et d'autre de la faille, le Tertiaire et le Crétacé engagés dans celle-ci n'ont en rien le même style tectonique. Il s'agit toujours d'un Crétacé redressé à la verticale, buttant contre un Tertiaire subhorizontal.

A l'extrémité Nord-Est du Bassin d'Alès, dans la région Nord de Vagnas, M. G. Millot ⁽²⁾ a récemment cartographié, sans insister dans son texte, une faille de 150^m de rejet *recouverte* par les calcaires à *Limnæa sublævis* du Sannoisien supérieur. Cette faille, on ne peut mieux datée, fait butter tantôt le Cénomarien-Turonien contre les calcaires urgoniens, tantôt les marnes aptiennes contre ces mêmes calcaires urgoniens.

Ces faits nous amènent à conclure que :

1° la région crétacée située au Sud-Est et au Nord-Est du bassin tertiaire d'Alès a été affectée au Crétacé supérieur par une émergence, suivie de mouvements horizontaux ayant donné naissance aux différentes structures énoncées plus haut;

2° ces mouvements étaient terminés dès l'Éocène inférieur;

(²) *Terminaison Nord du Bassin d'Alès et structure du Bassin à lignites et schistes bitumeux de Vagnas*, Mémoire présenté à la Faculté des Sciences de Paris pour l'obtention du Diplôme d'Études supérieures, Paris, 1941, p. 29, 1 carte géologique.

3° ces structures, une fois formées ou durant leur formation, furent affectées de mouvements verticaux contribuant à leur morcellement.

4° cet ensemble plissé et fracturé durant le Crétacé supérieur fut repris et rajeuni au cours des mouvements orogéniques du Néogène.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la structure des perturbations tropicales africaines et des perturbations atmosphériques en général.* Note (1) de M. PAUL QUENEY, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une première étude systématique des types de temps nord-africains (*Trav. Inst. Mét. Algérie*, 3, 1943), nous avons groupé sous le nom général de *perturbations tropicales* toutes les perturbations atmosphériques qui naissent et se développent dans les sillons isobariques ou *fronts tropicaux* séparant les uns des autres les anticyclones tropicaux. L'un de ces sillons existe fréquemment, au moins en altitude, sur le continent africain au nord de l'équateur, et les perturbations correspondantes se déplacent vers l'Est ou le Nord-Est à travers le Sahara ou l'Afrique du Nord et peuvent atteindre la Méditerranée. Le développement de l'Aérologie en Afrique du Nord, à partir de 1943, nous a permis d'approfondir l'étude de ces perturbations, et voici quelques résultats auxquels nous sommes arrivé :

1° Des perturbations tropicales n'apparaissent dans le sillon africain que si ce dernier est suffisamment profond, ce qui se produit surtout aux époques froides de l'année, lorsque le sillon relie une dépression méditerranéenne stationnaire à une autre dépression établie sur l'Atlantique près des côtes africaines (dépression des Canaries); elles peuvent être isolées ou groupées en familles analogues à celles du front polaire.

2° Les perturbations peuvent être provoquées par des perturbations venant de la Mer du Nord et atteignant la Méditerranée occidentale.

3° Tout comme les perturbations des latitudes moyennes, les perturbations tropicales africaines sont caractérisées par un noyau de baisse de pression ayant sa valeur maximum à un niveau voisin de celui de la tropopause, et qui concorde avec une hausse de température dans la stratosphère, avec une baisse de température dans la haute troposphère et avec un abaissement de la tropopause (2); mais, à la différence des perturbations européennes, où la variation de pression en altitude est généralement en retard sur la variation au niveau du sol, ici elle est plutôt en avance.

4° Les perturbations sont du type orageux et ne comportent pas de systèmes nuageux de secteur chaud bien organisés; cependant, lorsqu'elles approchent du littoral nord-africain, un corps pluvieux à alto-stratus se forme dans la

(1) Séance du 12 mars 1945.

(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 500.

zone de baisse de pression, et sur la Méditerranée les perturbations se renforcent et prennent de plus en plus l'aspect classique des perturbations du front polaire. En été, les noyaux sont moins nets et les perturbations sont plus ou moins noyées dans un courant lent et humide de Sud-Ouest, ou contre-alizé africain.

Tous ces faits indiquent que les perturbations tropicales africaines, comme le front tropical lui-même, ont leur racine dans la haute atmosphère, et l'on peut se les représenter comme produites par des bouffées d'air chaud émises aux niveaux stratosphériques par la dépression des Canaries et entraînées par l'anticyclone saharien, tandis que le contre-alizé d'été ne serait autre qu'un courant atmosphérique continu, mais peu stable, issu d'une telle dépression équatoriale.

En généralisant, on est conduit à considérer toutes les perturbations tropicales comme engendrées par des dépressions semi-permanentes, s'établissant au-dessus des mers intertropicales, et dans l'entretien desquelles la vapeur d'eau joue probablement un rôle essentiel : cette vapeur d'eau serait d'abord amenée jusqu'au sommet de la troposphère par les courants ascendants dus à la convergence des basses couches, pénétrerait de là dans la stratosphère et maintiendrait ensuite celle-ci à une température relativement élevée par absorption d'énergie rayonnante. Chaque bouffée de cet air stratosphérique se maintiendrait ensuite chaude grâce au pouvoir absorbant de l'humidité qu'elle contient, créant ainsi une dépression, tandis que l'air troposphérique sous-jacent prendrait une température relativement basse par effet d'écran, et l'abaissement de la tropopause en résulterait; l'entretien ultérieur de la perturbation nécessiterait évidemment un apport d'humidité par le bas.

Cette théorie radiative-dynamique s'écarte nettement du concept norvégien des conflits de masses d'air troposphériques, aujourd'hui classique. Il est tentant de l'appliquer à toutes les perturbations atmosphériques et à toutes les dépressions et fronts stationnaires, y compris les deux dépressions polaires permanentes. On sait que les dépressions sont caractérisées par une forte richesse en ozone dans la stratosphère ⁽³⁾, et que la couche d'ozone de la stratosphère polaire est fonction de l'activité solaire ⁽⁴⁾; cela conduit à penser que ce sont essentiellement des corpuscules émis par le Soleil, dont les éléments électrisés sont concentrés vers les régions polaires par le champ magnétique terrestre, qui constituent le rayonnement absorbé par la vapeur d'eau stratosphérique, l'absorption étant accompagnée de la production transitoire d'ozone. Cette explication est en accord avec l'idée, souvent admise, que l'activité cyclonique varie dans le même sens que l'activité solaire; elle peut rendre compte aussi de la variation annuelle de cette activité cyclonique, comme conséquence d'une

⁽³⁾ SHAW, *Manual of Meteorology*, III, 1930, pp. 185-187.

⁽⁴⁾ DAUVILLIER, *Année polaire internationale*, 1932-1933. Participation française, Paris, 1936, p. 349.

variation de l'humidité atmosphérique; enfin elle suggère qu'il doit exister une étroite relation entre les déplacements des pôles magnétiques et l'évolution des climats.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Répartition des éruptions solaires en relation avec les orages magnétiques.* Note ⁽¹⁾ de M. **PIERRE BERNARD**, présentée par M. Charles Maurain.

Les correspondances relevées ⁽²⁾ entre les perturbations magnétiques enregistrées à Chambon-la-Forêt et certaines éruptions chromosphériques ont été de nouveau examinées au point de vue de la position des éruptions sur le disque solaire. Voici, pour les trois zones égales de 60° de longitude visibles sur le Soleil, le nombre des éruptions auxquelles a paru correspondre une perturbation magnétique :

	1936.	1937.	1938.	1939.	1940.	1941.	Total.
90°E - 30°E.....	30	28	27	26	20	19	150
30°E - 30°W....	26	55	56	44	31	37	249
30°W - 90°W.....	19	22	34	29	33	22	159

La zone centrale du Soleil intervient donc plus souvent sur les phénomènes magnétiques terrestres que les zones latérales, mais cette prédominance est moins grande qu'on aurait pu le supposer. Afin de préciser son importance relative, la statistique de toutes les éruptions relevées dans le *Bulletin of character figures of solar phenomena* a été faite suivant leurs coordonnées héliographiques. On n'a pas tenu compte de la variation annuelle de position de la Terre par rapport au plan équatorial solaire, qui est d'ailleurs de faible amplitude, car dans ce qui suit sont seules considérées les moyennes annuelles ou les moyennes de plusieurs années.

Il résulte de la première colonne du tableau ci-après, qu'on observe un plus grand nombre d'éruptions dans les 60° de la zone centrale que dans les 60° de chaque zone latérale. L'explication de cette différence est facile : à surface réelle égale, la surface apparente d'une éruption est en moyenne la moitié, dans une zone latérale, de ce qu'elle est dans la zone centrale; par suite, un certain nombre d'éruptions, qui auraient été observées au centre du Soleil, ont, dans les zones latérales, une surface inférieure à la limite de visibilité (40 millièmes du disque solaire d'après Waldmeier, *Zeits. Astrophys.*, 16, 1938, p. 276).

⁽¹⁾ Séance du 19 mai 1945.

⁽²⁾ P. BERNARD, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 179.

	Nombre total des éruptions.	Moy.	Efficacité annuelle.					
			1936.	1937.	1938.	1939.	1940.	1941.
90°E-30°E.....	1203	12,3	13,8	11,7	9,1	11,0	17,7	18,8
30°E-30°W.....	1704	14,6	11,1	14,4	13,1	12,4	19,9	25,0
30°W-90°W.....	1126	14,1	10,4	9,8	12,5	12,1	26,6	26,5
Rapport de la zone W à la zone E.....	-	1,15	0,75	0,84	1,37	1,10	1,50	1,41

La seconde colonne du même tableau donne le pourcentage, que j'appellerai *efficacité* des éruptions qui ont été suivies d'une perturbation magnétique. Ce pourcentage n'est pas, dans la zone centrale, sensiblement supérieur à celui des zones latérales du Soleil; la différence entre la zone Ouest et la zone Est est plus frappante : les éruptions de la zone Ouest se montrent plus efficaces de 1938 à 1941, celles de la zone Est en 1936 et 1937. Les deux séries d'années avaient également montré des caractères différents à l'égard du retard présenté par les orages magnétiques sur les éruptions; ce retard, compris entre 26 et 29 heures de 1938 à 1941, a été plus long en 1936 et 1937 (²).

Des zones d'efficacité plus étroites peuvent-elles être identifiées sur le disque solaire? Le nombre des éruptions correspondant à des orages, pour 100 éruptions observées, a été dans chaque fuseau de 10° de longitude le suivant :

Zone....	90-81°E.	80-71°.	70-61°.	60-51°.	50-41°.	40-31°.	30-21°.	20-11°E.	10°E-0°.
Efficacité....	12,7	11,8	11,8	11,3	14,8	11,9	12,6	13,8	18,7
Zone....	0-10°W.	11-20°W.	21-30°.	31-40°.	41-50°.	51-60°.	61-70°.	71-80°.	81-90°W.
Efficacité....	15,5	11,7	15,0	14,6	15,4	12,3	14,6	14,0	13,8

Un maximum accentué existe pour les 10° de longitude Est voisins du méridien central, mais il n'apparaît dans les résultats année par année qu'en 1937 et 1938, années du maximum de l'activité solaire.

La répartition en latitude présente des caractères différents de la répartition en longitude, presque toutes les éruptions se produisant entre les parallèles de 30°N et 30°S; de plus, leur latitude moyenne présente une décroissance régulière au cours du cycle solaire. Voici tout d'abord, pour chacun des hémisphères et pour chaque année, l'efficacité des éruptions vis-à-vis des perturbations magnétiques.

	1936.	1937.	1938.	1939.	1940.	1941.
Hémisphère N....	8,4	11,4	10,8	12,9	23,6	22,8
» S.....	15,0	14,3	12,8	11,1	19,3	24,0
Rapport S/N.....	1,79	1,23	1,18	0,86	0,82	1,05

On constate encore une variation systématique avec le temps de l'efficacité relative des éruptions de chaque hémisphère. D'autre part, la latitude des éruptions n'intervient pas. Voici en effet la moyenne pour les 6 années de

l'efficacité annuelle de chaque zone de 10° de latitude, relativement à la moyenne de l'année.

Latitude.....	> 25°N.	16-25°N.	6-15°N.	5°N-5°S.	6-15°S.	16-25°S.	> 25°S
Efficacités.....	1,16	0,91	0,91	1,02	0,90	1,17	1,30
Nb. d'éruptions efficaces...	25	90	156	35	129	100	22

Ce n'est donc pas pour les éruptions les plus voisines de l'équateur solaire que l'efficacité se montre statistiquement la plus grande; elle est à peu près la même dans les zones où les éruptions ont été les plus fréquentes, sauf pour la zone de 16 à 25°S qui a été fortement influencée par les résultats des deux premières années 1936 et 1937.

En résumé, si les phénomènes éruptifs de la zone centrale du disque solaire ont sur le magnétisme terrestre un effet prépondérant en raison de leur plus grande fréquence et de leur plus grande étendue apparentes, il semble bien qu'en dehors de cette influence purement géométrique, aucune position privilégiée *permanente* n'existe sur le Soleil au point de vue de la relation des éruptions avec les perturbations du champ magnétique terrestre.

La séance est levée à 15^h 35^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1945.

Leonhardi Euleri Opera Omnia Series prima. Opera mathematica. Volumen quintum. Commentationes arithmeticae. Volumen quartum editit RUDOLF FUETER. Genevæ, Orell Füssli Turici et Lipsiae B. G. Teubner Lipsiae et Berolini, MCMXLIV; 1 vol. 29^{cm}.

Le charbon. Son histoire. Son destin, par EUGÈNE SCHNEIDER. Paris, Librairie Plon, 1945; 1 vol. 23^{cm}.

Les aspects intuitifs de la mathématique, par GEORGES BOULIGAND, in *L'Avenir de la science*. Nouvelle série, n° 2. Paris, Gallimard, 1944; 1 vol. 23^{cm}.

Nouvelles observations sur les fulgurites du Sahara (d'après les collections recueillies par F. Jacquet), par ALFRED LACROIX. Extrait du *Bulletin n° 6 du Service des Mines de l'A. O. F.* Dakar, 1942; 1 fasc. 27^{cm}, 5.

Annuaire pour l'an 1945, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1945; 1 vol. 18^{cm}, 5.

Sciences d'aujourd'hui. *Ondes, corpuscules, mécanique ondulatoire*, par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Albin Michel, 1945; 1 vol. 19^{cm}.

Traitement chirurgical de l'arthrite sèche de la hanche, suivi de travaux de la clinique orthopédique de la Faculté de Lyon, par LOUIS TAVERNIER et CH. GODINOT. Paris, Masson et C^{ie}, 1945; 1 vol. 24^{cm}, 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Le Kapoquier soudanais* (*Bombax angulicarpum*)
et les espèces voisines. Note de M. AUGUSTE CHEVALIER.

Au cours du récent et nouveau voyage que nous venons d'effectuer dans la vallée du Niger, nous avons repris l'étude des Kapoquiers soudanais. L'espèce des savanes africaines doit être dénommée *Bombax angulicarpum* Ulbrich (1912). C'est à tort qu'on l'a rattachée jusqu'à ce jour à *B. buonopozense* P. B. Ce sont deux espèces vicariantes très proches, la première vivant dans les savanes-parcs de la zone soudanaise, la seconde dans la forêt dense et sur sa lisière. En somme *B. angulicarpum* est à *B. buonopozense* l'analogue de *Lophira alata* Banks par rapport à *L. procera* Chev.

B. angulicarpum est un arbre de brousse, s'élevant ordinairement de 5 à 12^m de haut (très rarement 20 à 25^m), à tronc de 30 à 60^{cm} de diamètre, ordinairement couvert de grosses épines, à branches plus ou moins étalées. Il se dépouille de ses feuilles en octobre-novembre aussitôt après les pluies. C'est pendant qu'il est dépouillé, en décembre-janvier, qu'il produit de grandes fleurs pourpres et exceptionnellement d'un rouge orange ou même jaunes. Les capsules ovoïdes allongées mûrissent de la fin de février jusqu'en avril. Les valves s'entr'ouvrent et mettent en liberté les soies blanches ou d'un blanc crème qui entourent les graines. Parfois aussi les capsules avant maturité sont arrachées par le vent, et c'est quand elles sont sur le sol que se fait la déhiscence. Il est bon d'en faire la cueillette sur l'arbre quelques jours avant maturité et de les laisser mûrir dans un magasin.

Dès avril les jeunes feuilles composées de 5 à 7 folioles s'épanouissent et l'arbre reste feuillé de 6 à 8 mois.

L'aire de l'espèce, d'après nos récoltes, est la suivante : Sénégal, Casamance, Soudan français et Guinée, où l'espèce est commune sur les plateaux ferrugineux arides; Haute-Côte d'Ivoire, Togo, Dahomey, colonie du Niger, Haut-Cameroun, Oubangui-Chari; l'espèce a sa limite orientale dans la région de Ndellé (Haut-Chari oriental).

B. angulicarpum présente de nombreuses variétés; les plus remarquables sont : var. *leiocarpum* Chev., fruits lisses, sans crêtes ni sillons (c'est la forme la plus répandue); var. *Costatum* (*B. costatum* Pelleg. et Vuillet), fruit muni de cinq carènes très saillantes; var. *sulcatum* Chev., fruit présentant, outre les crêtes, 5 sillons profonds alternatifs; var. *Houardi* (*B. Houardi* Pelleg. et Vuillet), fruit lisse, allongé, cylindrique; toutes les variétés précédentes ont les fleurs rouges; dans la suivante elles sont jaunes : var. *Andrieui* (*B. Andrieui* Pellegr. et Vuillet). Enfin une curieuse forme tératologique est la var. *Vuilletii* (*B. buonopozense* P. B., var. *Vuilletii* Pelleg.), dont le fruit est formé de deux capsules superposées, la supérieure emboîtée à sa base dans le calice et la corolle persistants. Dans une autre monstruosité la capsule normale lisse est surmontée d'une capsule miniature grosse comme un pois; c'est l'analogue de l'orange Navel; enfin, dans une autre sorte encore, la capsule se termine par 5 petites cornes saillantes (var. *cornuta* Chev.). Il y aurait encore d'autres formes à citer. Toutes sont plus ou moins héréditaires et tous les fruits et fleurs d'un arbre sont semblables. Ces arbres, depuis de nombreuses générations, subissent l'action des feux de brousse et c'est vraisemblablement ce facteur qui a fait naître de nombreuses mutations.

Dans ces populations hétérogènes, le sélectionneur devra rechercher les individus les plus fertiles, donnant les capsules les plus riches en belles soies. Vuillet a signalé un exemplaire qui avait donné une année 1570 capsules et 9^{kg},640 de soies. Un rendement annuel de 3 à 5^{kg} de soies vers la 10^e année serait une bonne moyenne, et, avec environ 150 arbres à l'hectare, la production étant alors de 450 à 750^{kg} de soies à l'hectare, le cultivateur indigène aurait une rémunération suffisante, bien supérieure au revenu d'un champ de cotonnier de même étendue, mais l'inconvénient est qu'il faudrait attendre plusieurs années avant de pouvoir récolter. On sait qu'on est parvenu à filer le kapok, et cette fibre aura de plus en plus de débouchés.

Le *Bombax buonopozense* P. B. = *B. flammeum* Ulbrich est un grand arbre de forêt dense. Palisot de Beauvois, qui l'a incomplètement décrit, dit que c'est un grand arbre; il l'avait rencontré dans la Nigeria du Sud, à côté d'*Omphalocarpum procerum*, qui est un arbre de forêt. Il ne diffère de *B. angulicarpum* que par des caractères peu importants : grande taille, fleurs plus grandes, folioles lancéolées, grandes, avec des nervures secondaires plus nombreuses; fruit oblong, côtelé ou non; il n'est défeuillé que pendant un mois ou deux au plus. Il vit dans la forêt dense depuis Liberia jusqu'au Gabon et même dans l'Angola et l'Ouganda, si, comme nous le pensons, *B. reflexum* Sprague en est synonyme.

A *B. buonopozense* P. B. se rattache aussi *B. Buesgenii* Ulbrich caractérisé surtout par son tronc à contreforts rappelant celui des *Ceiba*. Ce rattachement avait déjà été fait par Bakhuisen dans sa *Révision des Bombacæ* (1924). Pour divers arbres de la forêt équatoriale il peut exister dans la même espèce, suivant

l'habitat, des formes à contreforts et d'autres sans contreforts. Pareil fait s'observe, ainsi que nous l'avons constaté à la Côte d'Ivoire, pour *Bombax breviscupe* Sprague, espèce habituellement sans contreforts, mais qui peut en avoir aussi parfois et rappeler par son port un *Ceiba* ou Fromager. *B. breviscupe* donne des soies courtes de couleur rousse sans aucun intérêt. Les espèces et formes de forêt dense du genre *Bombax*, en particulier *B. buonopozense*, n'offrent pas davantage d'intérêt en raison de leur grande taille, qui en interdit la culture, la cueillette des fruits étant rendue impossible.

L'espèce *B. angulicarpum* Ulbrich est la seule qu'il y ait intérêt à cultiver au Soudan. Pour la sélection, on devra rechercher des graines sur des individus demeurant, quel que soit l'âge, de petite taille, fructifiant bien tous les ans et donnant de grosses capsules, non ou faiblement déhiscentes à maturité. La culture peut se faire dans toute la zone soudanaise et dans les mêmes sols que le Karité.

Le Kapoquier soudanais et le Karité ne seront très intéressants à cultiver en grand que s'ils sont préalablement sélectionnés. Il est toutefois certain que même les formes courantes sauvages mises en culture, ainsi que nous l'avons constaté, donnent des fruits plus gros et en plus grand nombre quand ils vivent dans des champs cultivés par les indigènes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *Vito Volterra*, décédé.

Sir **CHARLES SHERRINGTON**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

GUSTAVE-L.-S. MERCIER. *La vie de l'Univers. Essai de philosophie scientifique*.

M^{me} JEAN FELDMANN, née **GENEVIÈVE MAZOYER**, adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.

MÉCANIQUE. — *Définition cinématique des oscillations de relaxation*.

Note de M. **JEAN ABELÉ**, présentée par M. Camille Gutton.

Les oscillations de relaxation ont été étudiées par van der Pol à l'aide d'une équation différentielle du second ordre non linéaire, où figure un coefficient

dont la variation de 0 à ∞ fait évoluer la courbe représentative de l'oscillation de la forme sinusoïdale à une forme quasi rectangulaire. Cette définition des oscillations de relaxation par une équation différentielle peut être dite *définition dynamique*.

Je me suis proposé de donner une *définition cinématique* des oscillations de relaxation, analogue à la définition de l'oscillation sinusoïdale comme projection du mouvement circulaire uniforme. Ayant choisi comme caractéristiques des oscillations de relaxation les trois propriétés suivantes : 1° la constance de l'amplitude; 2° la variabilité de la période; 3° l'inégale rapidité de la croissance et de la décroissance de part et d'autre du maximum ou du minimum, j'ai cherché à obtenir une classe d'oscillations douées de ces trois propriétés en projetant un vecteur unitaire tournant sur un axe fixe parallèlement à un axe oscillant, l'oscillation de l'axe étant synchrone de la rotation du vecteur et liée à elle par une loi déterminée.

Cette loi peut recevoir différentes expressions. La plus remarquable est l'équation, en coordonnées polaires ou en coordonnées cartésiennes, de la courbe décrite par la projection sur l'axe oscillant de l'extrémité du vecteur tournant. Il suffit d'imposer à cette courbe, que j'appelle la *génératrice* de l'oscillation de relaxation, quelques conditions simples laissant une large marge d'indétermination et d'adopter pour la vitesse de rotation du vecteur tournant une expression se déduisant de cette courbe et accentuant l'effet de l'oscillation de l'axe, pour que soient vérifiées les trois propriétés ci-dessus mentionnées.

Cette définition cinématique des oscillations de relaxation conduit au système d'équations paramétriques

$$\begin{aligned} (1) \quad z &= \cos \theta - f(\sin \theta), \\ (2) \quad \omega t &= \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{-\sin \theta}{\frac{dz}{d\theta}} d\theta. \end{aligned}$$

La fonction arbitraire f présente dans l'équation (1) est l'ordonnée de la génératrice dans un système cartésien orthogonal.

La génératrice la plus simple satisfaisant aux conditions imposées est une cubique passant par l'origine du système d'axes et y ayant un point d'inflexion à tangente normale à l'axe de projection. Les équations (1), (2) deviennent alors

$$\begin{aligned} (3) \quad z &= \cos \theta - \theta - a \sin^3 \theta, \\ (4) \quad \omega t &= \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{1 + 3a \sin \theta \cos \theta}. \end{aligned}$$

L'équation (4) s'intègre sans difficulté et donne

$$(5) \quad \omega t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{9}{4}a^2}} \left[\arctan \frac{\tan \theta + \frac{3}{2}a}{\sqrt{1 - \frac{9}{4}a^2}} - \arctan \frac{\tan \theta_0 + \frac{3}{2}a}{\sqrt{1 - \frac{9}{4}a^2}} \right].$$

En faisant $\theta = \pi/2$ et $\theta_0 = -\pi/2$ et en doublant le résultat du calcul, on obtient la période

$$(6) \quad \omega T = \frac{2\pi}{\sqrt{1 - \frac{9}{4}a^2}};$$

ωT varie de 2π à ∞ lorsque $|a|$ varie de 0 à $2/3$.

En divisant membre à membre les équations (5) et (6), on obtient le rapport t/T , qu'il est intéressant d'adopter comme variable temporelle pour rendre plus facilement comparables, par identification de leurs périodes, les courbes obtenues en donnant différentes valeurs au coefficient a .

Il suffit de faire varier θ de 0 à π , en portant en abscisses les valeurs correspondantes de t/T et en ordonnées celles de z , pour construire la moitié de chaque courbe; l'autre moitié s'obtient par glissement et retournement.

Les courbes ainsi obtenues sont analogues à celles qu'a construites van der Pol par un procédé d'intégration graphique plus pénible et moins précis.

On forme ainsi, sans difficulté, l'équation différentielle du second ordre correspondant au système des équations (3), (4). Elle a même structure que l'équation de van der Pol et rend compte par conséquent des mêmes phénomènes.

Une étude plus détaillée, accompagnée de figures, paraîtra dans un autre Recueil.

HYDRAULIQUE. — *Application de la méthode semi-graphique au calcul de n chambres d'équilibre, déversantes ou non, en série sur un canal d'amenée.*

Note de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons exposé ⁽¹⁾ le principe de notre méthode semi-graphique pour le calcul d'une chambre d'équilibre, en même temps que celui de la méthode D. F. et nous avons montré comment cette dernière permet le calcul de n chambres d'équilibre, déversantes ou non, placées en série sur le même canal d'amenée. Dans la présente Note, nous traitons ce dernier problème par la méthode semi-graphique.

En conservant les notations habituelles, dans le cas le plus général de n cheminées déversantes, à section variable et à étranglement, on a les relations suivantes :

$$W_1 = \frac{1}{f_1} (F_1 V_1 + \mu_1 Z_1 \sqrt{Z_1} + Q),$$

$$\dots\dots\dots$$

$$W_n = \frac{1}{f_n} (F_n V_n + \mu_n Z_n \sqrt{Z_n} + \dots + F_1 V_1 + \mu_1 Z_1 \sqrt{Z_1} + Q);$$

(1) *Comptes rendus*, 210, 1945, p. 432.

et

$$P_1 = K_1 W_1^2, \quad R_1 = \lambda_1 F_1^2 V_1^2,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$P_n = K_n W_n^2, \quad R_n = \lambda_n F_n^2 V_n^2;$$

$$\frac{dV_1}{dZ_1} = \frac{-1}{F_1 V_1} \left[V_1^2 \frac{dF_1}{dZ_1} + \frac{dQ}{dt} + \frac{3}{2} \mu_1 V_1 \sqrt{Z_1} + \frac{gf}{L} (H_1 + Z_1 - H_2 - Z_2 + \varepsilon_1 P_1 + \varepsilon'_1 R_1 - \varepsilon'_2 R_2) \right],$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\begin{aligned} \frac{dV_n}{dZ_n} = \frac{-1}{F_n V_n} & \left[V_n^2 \frac{dF_n}{dZ_n} + \frac{3}{2} \mu_n V_n \sqrt{Z_n} \right. \\ & - \frac{gf_{n-1}}{L_{n-1}} (H_{n-1} + Z'_{n-1} - H_n - Z_n + \varepsilon_{n-1} P_{n-1} + \varepsilon'_{n-1} R_{n-1} - \varepsilon'_n R_n) \\ & \left. + \frac{gf_n}{L_n} (H_n + Z'_n + \varepsilon_n P_n + \varepsilon'_n R_n) \right]. \end{aligned}$$

Ces équations permettent de calculer les pentes des normales aux courbes $(Z'_1, V_1) \dots (Z'_n, V_n)$, en un point quelconque. Pour évaluer le rayon de courbure, au début du déversement, on a les expressions suivantes des dérivées secondes :

$$\begin{aligned} \frac{d^2 V_1}{dZ_1^2} = \frac{1}{F_1 V_1} & \left\{ \left[\frac{1}{F_1} \frac{dF_1}{dZ_1} + \frac{1}{V_1} \frac{dV_1}{dZ_1} \right] \right. \\ & \times \left[V_1^2 \frac{dF_1}{dZ_1} + \frac{dQ}{dt} + \frac{3}{2} \mu_1 V_1 \sqrt{Z_1} \right. \\ & \quad \left. + \frac{gf_1}{L_1} (H_1 + Z'_1 - H_2 - Z'_2 + \varepsilon_1 P_1 + \varepsilon'_1 R_1 - \varepsilon'_2 R_2) \right] \\ & - \left[2 V_1 \frac{dV_1}{dZ_1} + V_1^2 \frac{d^2 F_1}{dZ_1^2} + \frac{1}{V_1} \frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{3}{2} \mu_1 \sqrt{Z_1} \frac{dV_1}{dZ_1} \right. \\ & \quad \left. + \frac{3}{4} \frac{\mu_1 V_1}{\sqrt{Z_1}} + \frac{gf_1}{L_1} \left(1 - \frac{V_2}{V_1} + \varepsilon_1 \frac{dP_1}{dZ_1} + \varepsilon'_1 \frac{dR_1}{dZ_1} - \varepsilon'_2 \frac{V_2}{V_1} \frac{dR_2}{dZ_2} \right) \right] \Big\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 V_n}{dZ_n^2} = \frac{1}{F_n V_n} & \left\{ \left(\frac{1}{F_n} \frac{dF_n}{dZ_n} + \frac{1}{V_n} \frac{dV_n}{dZ_n} \right) \right. \\ & \times \left[V_n^2 \frac{dF_n}{dZ_n} + \frac{3}{2} \mu_n V_n \sqrt{Z_n} - \frac{gf_{n-1}}{L_{n-1}} (H_{n-1} + Z'_{n-1} - H_n - Z_n \right. \\ & \quad \left. + \varepsilon_{n-1} P_{n-1} + \varepsilon'_{n-1} R_{n-1} - \varepsilon'_n R_n) + \frac{gf_n}{L_n} (H_n + Z'_n + \varepsilon_n P_n + \varepsilon'_n R_n) \right] \\ & - \left[2 V_n \frac{dV_n}{dZ_n} \frac{dF_n}{dZ_n} + V_n^2 \frac{d^2 F_n}{dZ_n^2} + \frac{3}{2} \mu_n \sqrt{Z_n} \frac{dV_n}{dZ_n} \right. \\ & \quad + \frac{3}{4} \frac{\mu_n V_n}{\sqrt{Z_n}} - \frac{gf_{n-1}}{L_{n-1}} \left(\frac{V_{n-1}}{V_n} - 1 + \varepsilon_{n-1} \frac{V_{n-1}}{V_n} \frac{dP_{n-1}}{dZ_{n-1}} \right. \\ & \quad \left. + \varepsilon'_{n-1} \frac{V_{n-1}}{V_n} \frac{dR_{n-1}}{dZ_{n-1}} - \varepsilon'_n \frac{dR_n}{dZ_n} \right) \\ & \quad \left. + \frac{gf_n}{L_n} \left(1 + \varepsilon_n \frac{dP_n}{dZ_n} + \varepsilon'_n \frac{dR_n}{dZ_n} \right) \right] \Big\}, \end{aligned}$$

avec

$$\frac{dR_1}{dZ_1} = 2\lambda_1 F_1 V_1 \left(V_1 \frac{dF_1}{dZ_1} + F_1 \frac{dV_1}{dZ_1} \right), \dots, \frac{dR_n}{dZ_n} = 2\lambda_n F_n V_n \left(V_n \frac{dF_n}{dZ_n} + F_n \frac{dV_n}{dZ_n} \right);$$

et

$$\frac{dP_1}{dZ_1} = \frac{2K_1}{f_1^2} (F_1 V_1 + \mu_1 Z_1 \sqrt{Z_1} + Q) \left(F_1 \frac{dV_1}{dZ_1} + V_1 \frac{dF_1}{dZ_1} + \frac{3}{2} \mu_1 \sqrt{Z_1} + \frac{1}{V_1} \frac{dQ}{dt} \right),$$

$$\begin{aligned} \frac{dP_n}{dZ_n} &= \frac{2K_n}{f_n^2} (F_n V_n + \mu_n Z_n \sqrt{Z_n} + \dots + F_1 V_1 + \mu_1 Z_1 \sqrt{Z_1} + Q) \\ &\times \left[F_n \frac{dV_n}{dZ_n} + V_n \frac{dF_n}{dZ_n} + \frac{3}{2} \mu_n \sqrt{Z_n} + \dots + \frac{V_1}{V_n} \left(F_1 \frac{dV_1}{dZ_1} + V_1 \frac{dF_1}{dZ_1} + \frac{3}{2} \sqrt{Z_1} + \frac{1}{V_1} \frac{dQ}{dt} \right) \right]. \end{aligned}$$

Dans toutes ces équations μ_i est constant pour $Z_i > 0$, nul pour $Z_i < 0$. Le cas des cheminées non déversantes correspond aux équations obtenues en faisant, dans tout ce qui précède,

$$\mu_i = 0, \quad H_i = 0, \quad Z_i' = Z_i.$$

ASTRONOMIE. — *Sur une propriété des mouvements de certains astres du système solaire.* Note ⁽¹⁾ de M. **FERNAND PRUNIER**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On sait que Laplace a établi entre les moyens mouvements des satellites I, II, III de Jupiter la relation presque rigoureuse

$$\omega_1 + 2\omega_3 - 3\omega_2 = 0.$$

Cherchons si cette relation simple est isolée dans le système solaire, ou si elle est vérifiée par d'autres astres de ce système. Considérons d'abord les quatre satellites d'Uranus. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* donne leurs durées de révolution, qui sont respectivement

2 j.	12 h.	29 m.	21 s., 08
4	3	27	37 22
8	16	56	30 37
13	11	7	7 14

On calcule à partir de là leurs vitesses angulaires moyennes par seconde

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 2\pi \times 459.218 \cdot 10^{-11} \\ \omega_2 &= 2\pi \times 279.285 \\ \omega_3 &= 2\pi \times 132.944,5 \\ \omega_4 &= 2\pi \times 85.967 \end{aligned}$$

On vérifie la relation

$$\omega_1 - \omega_2 - 2\omega_3 + \omega_4 = 0$$

avec une très grande approximation, tout à fait comparable à celle que réalise la relation concernant les trois premiers satellites de Jupiter.

Considérons maintenant les quatre premiers satellites de Saturne. Leurs

⁽¹⁾ Séance du 4 avril 1945.

durées de révolution sont, d'après l'*Annuaire*,

		22 h. 37 m. 5 s., 26		
1 j.	8	53	6	80
1	21	18	26	11
2	17	41	9	46

On vérifie, avec une approximation moindre que pour les satellites d'Uranus, mais encore très bonne, la relation

$$\omega_1 + \omega_2 - 2\omega_3 - 2\omega_4 = 0,$$

et même, avec une approximation encore moindre, les deux relations

$$\omega_1 - 2\omega_3 = 0, \quad \omega_2 - 2\omega_4 = 0.$$

Considérons enfin les planètes elles-mêmes. L'*Annuaire* donne directement leurs moyens mouvements diurnes, sauf celui de Pluton, qu'on doit calculer. Nous les appellerons encore ω , avec indices de 1 (Mercure) à 9 (Pluton). Leurs valeurs sont respectivement

14732",42; 5767",67; 3548",19; 1886",52; 299",13; 120",45; 42",23; 21",53; 14",23.

On constate alors l'existence de la relation

$$\omega_1 - \omega_2 - 2\omega_3 - \omega_4 - \omega_5 + 2\omega_6 + \omega_7 + \omega_8 + \omega_9 = 0,$$

à 1" près.

On doit se demander si l'existence de ces relations très simples, dont les coefficients sont uniquement des nombres entiers très simples, ne tient pas à quelque cause générale, et l'on peut chercher laquelle. Cette cause est sans doute, à notre avis, celle que nous avons signalée dans deux Notes précédentes ⁽²⁾.

ASTROPHYSIQUE. — Sur la température des naines blanches.

Note ⁽¹⁾ de M. ÉVRY SCHATZMAN.

Nous avons vu que ⁽²⁾ dans les naines blanches l'hydrogène flottait à la surface du mélange de Russel. C'est donc le coefficient d'absorption de l'hydrogène qui doit intervenir dans le calcul de la température, et non le coefficient d'absorption d'un mélange quelconque d'hydrogène et de mélange de Russel. La température croît de la surface vers l'intérieur de l'étoile, mais le coefficient d'absorption décroît très rapidement dès que l'on est dans la zone de dégénérescence, par suite de l'importance des phénomènes de transport de l'énergie

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 534; 217, 1943, p. 527.

⁽¹⁾ Séance du 12 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 493.

par les électrons. Par conséquent il sera légitime de couper la croissance de la température à la région où apparaît la dégénérescence. Ceci nous permettra de calculer pour une étoile la température T dans la région de dégénérescence en fonction de la masse, du rayon et de la luminosité de l'étoile.

Avec un coefficient d'absorption ⁽³⁾ $K = K_0 \rho T^{-3.5}$ et $\log K_0 = 22,870$, on trouve pour la température T

$$(1) \quad T = [7,79] \left(\frac{L}{M} \right)^{\frac{2}{7}},$$

L et M étant la luminosité et la masse exprimées en unités de soleil. Cette expression nous conduit, pour une étoile telle que Sirius B, à $T = 21,8 \cdot 10^6$ degrés.

Pour des étoiles très pauvres en hydrogène, la région de mélange de l'hydrogène avec le mélange de Russel, productrice de l'énergie de l'étoile, se trouve à l'extérieur de la zone de dégénérescence. Dans ces conditions il faut couper la croissance de la température à la surface de séparation entre l'hydrogène et le mélange de Russel. La température dépend alors non seulement de la masse, du rayon et de la luminosité, mais aussi de la teneur en hydrogène. Sirius B a sans doute une faible teneur en hydrogène, et l'on trouve $T = 17,7 \cdot 10^6$ degrés. On trouve de même pour 40 Eridani B, T voisin de $14 \cdot 10^6$ degrés. Par contre la formule (1) peut être appliquée à AC 70° 8247, on trouve ainsi T voisin de $15 \cdot 10^6$ degrés.

Les différents résultats obtenus sont groupés dans le tableau suivant. On remarquera que si pour 40 Eridani B on n'avait pas tenu compte de la faible teneur en hydrogène, on aurait trouvé à l'aide de la relation (1) une température de $27 \cdot 10^6$ degrés. Nous devons nous attendre à ce que les étoiles à forte température apparente n'obéissent pas en réalité à la relation (1) et par conséquent aient une structure différente.

Étoile.....	Sirius B.	40 Eridani.	AC 70° 8247.	Van Marin 2.	Ross 627
Température ($\times 10^{-6}$).....	17,7	14,4	15,6	4,7	<9

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les identités quadratiques de la théorie de Dirac.*
Note de M. ÉMILE DURAND.

Ces identités ont fait l'objet d'une série de Mémoires de Kofink ⁽¹⁾; M. O. Costa de Beauregard a mis en évidence leur caractère tensoriel d'Univers ⁽²⁾; nous allons les établir d'une manière plus méthodique et compléter la collection; l'emploi du nombre de Kronecker δ^{pq} leur conférera une validité

⁽³⁾ D'après KOTHARI, *M. N.*, 93, 1932, p. 61; CHANDRASEKHAR, *Proc. Roy. Soc., A*, 133, 1931, p. 241.

⁽¹⁾ *Ann. der Physik*, 38, 1940, p. 421.

⁽²⁾ *Thèse*, Paris, 1943, pp. 52-66.

tensorielle générale; nous montrerons en outre que tensoriellement elles se déduisent toutes de quatre d'entre elles.

Nous partirons de l'équation

$$(I) \quad [Q\alpha^L\alpha^pP][R\alpha^M\alpha_pP] = [Q\alpha^L\alpha_0P][R\alpha^M\alpha_0P] - [Q\alpha^L\bar{\alpha}_0P][R\alpha^M\bar{\alpha}_0P],$$

où les lettres α désignent les matrices de la théorie de Dirac; P_k, Q_k, R_k sont trois groupes de quatre fonctions quelconques ($k=1, 2, 3, 4$); $\bar{\alpha}$ désigne la matrice duale de α ; les identités qui nous intéressent s'obtiennent à partir de (I) où l'on fait $Q=R$; comme il y a C_{16}^2 combinaisons $\alpha^L\alpha^M$ telles que $\alpha^L \neq \alpha^M$, on pourrait s'attendre à 120 identités; en fait, il n'y en a que 30 qui soient distinctes, chacune d'elles étant donnée par quatre combinaisons différentes; l'équation (I) contient six produits du type $[\] [\]$; mais, quand $Q=R$, il y en a deux qui se détruisent, si bien que les identités n'en contiennent plus que quatre; il y en a en tout $4 \times 30 = 120$ qui sont tous différents, ce qui épuise toutes les combinaisons. Voici l'ensemble de ces relations où (p, q, r, s) est le jeu des indices tensoriels d'univers (on a indiqué à droite les combinaisons α^L, α^M et pour abréger, on écrit $[\alpha]$ au lieu de $[Q\alpha P]$):

$$\begin{aligned} (1) \quad & \frac{1}{4} [\alpha^{pq}] [\bar{\alpha}_{pq}] = [\alpha_0] [\bar{\alpha}_0], & \bar{p}, p; \\ (2) \quad & [\bar{\alpha}_q] [\bar{\alpha}^{pq}] = -[\alpha_0] [\alpha^p], & q, pq \quad \bar{o}, \bar{p}; \\ (3) \quad & [\bar{\alpha}_q] [\alpha^{pq}] = [\alpha_0] [\alpha^p], & \bar{q}, pq \quad \bar{o}, p; \\ (4) \quad & [\alpha^{pr}] [\alpha^q_r] = [\alpha^p] [\alpha^q] - [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q], & p, q \quad \bar{p}, \bar{q} \quad pr, qr; \\ (5) \quad & [\alpha_r] [\alpha^{pqr}] = [\alpha_0] [\alpha^{pq}] + [\bar{\alpha}_0] [\bar{\alpha}^{pq}], & \bar{pq}, \bar{o} \quad o, pq \quad p, \bar{q}; \\ (6) \quad & [\alpha_q] [\bar{\alpha}^{pq}] = -[\alpha_0] [\bar{\alpha}^p], & o, \bar{p} \quad q, \bar{pq}; \\ (7) \quad & [\alpha_q] [\alpha^{pq}] = [\bar{\alpha}_0] [\bar{\alpha}^p], & o, p \quad \bar{q}, \bar{pq}; \\ (8) \quad & [\alpha_p] [\bar{\alpha}^p] = o, & o, \bar{o} \quad pq, \bar{pq}. \end{aligned}$$

En outre, il y a 16 combinaisons telles que $\alpha^L = \alpha^M$, qui donnent des identités toutes distinctes contenant six produits chacune :

$$\begin{aligned} (9) \quad & [\alpha_0]^2 - [\bar{\alpha}_0]^2 = [\alpha_p] [\alpha^p], & o; \\ (10) \quad & [\alpha_p]^2 - [\bar{\alpha}_p]^2 = [\alpha^{pq}] [\alpha^p_q] + [\alpha_0]^2, & p; \\ (11) \quad & [\alpha_{pq}]^2 - [\bar{\alpha}_{pq}]^2 = [\alpha_p]^2 + [\alpha_q]^2 + [\bar{\alpha}_r]^2 + [\bar{\alpha}_s]^2, & pq; \\ (12) \quad & [\bar{\alpha}_p]^2 - [\alpha_p]^2 = [\bar{\alpha}^{pq}] [\bar{\alpha}^p_q] + [\alpha_0]^2, & \bar{p}; \\ (13) \quad & [\bar{\alpha}_0]^2 - [\alpha_0]^2 = [\bar{\alpha}_p] [\bar{\alpha}^p], & \bar{o}. \end{aligned}$$

Par addition ou soustraction de ces dernières identités, on obtient une nouvelle famille d'identités à huit produits du type $[\alpha^A] [\alpha^A]$; en voici deux :

$$(14) \quad [\alpha_p] [\alpha^p] + [\bar{\alpha}_p] [\bar{\alpha}^p] = o,$$

$$(15) \quad \frac{1}{2} \{ [\alpha_{pq}] [\alpha^{pq}] \} + [\alpha_0]^2 + [\bar{\alpha}_0]^2 = o.$$

L'identité (4) n'est pas valable pour $p = q$; mais on peut réunir (4) et (10), ainsi que (4) et (12) dans les équations générales

$$(16) \quad [\alpha^{pr}] [\alpha^q_r] = [\alpha^p] [\alpha^q] - [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q] - \delta^{pq} [\alpha_0]^2,$$

$$(17) \quad [\bar{\alpha}^{pr}] [\bar{\alpha}^q_r] = [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q] - [\alpha^p] [\alpha^q] - \delta^{pq} [\alpha_0]^2.$$

Par soustraction des identités (16) et (17), on obtient

$$(18) \quad \frac{1}{2} \{ [\bar{\alpha}^{pr}] [\bar{\alpha}^q_r] - [\alpha^{pr}] [\alpha^q_r] \} + \{ [\alpha^p] [\alpha^q] - [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q] \} + \frac{1}{2} \delta^{pq} \{ [\alpha_0]^2 - [\alpha_0]^2 \} = 0.$$

On peut mettre (18) sous une forme plus symétrique qui met en évidence les corrections de traces ⁽³⁾

$$(19) \quad [\alpha^{pr}] [\alpha^q_r] - \frac{1}{4} \delta^{pq} [\alpha_{rs}] [\alpha^{rs}] = [\alpha^p] [\alpha^q] - [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q] - \frac{1}{4} \delta^{pq} \{ [\alpha^r] [\alpha_r] - [\bar{\alpha}^r] [\bar{\alpha}_r] \}.$$

(18) est la contraction d'une équation tensorielle plus générale qui s'écrit

$$(20) \quad [\alpha^{pr}] [\alpha^q_s] - [\bar{\alpha}^{pr}] [\bar{\alpha}^q_s] = \delta^{pq} \{ [\alpha^r] [\alpha^s] - [\bar{\alpha}^r] [\bar{\alpha}^s] \} + \delta^{rs} \{ [\alpha^p] [\alpha^q] - [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^q] \} \\ + \delta^{ps} \{ [\bar{\alpha}^q] [\bar{\alpha}^r] - [\alpha^q] [\alpha^r] \} + \delta^{qr} \{ [\bar{\alpha}^p] [\bar{\alpha}^s] - [\alpha^p] [\alpha^s] \} \\ + ([\alpha_0]^2 - [\alpha_0]^2) \{ \delta^{pq} \delta^{rs} - \delta^{ps} \delta^{qr} \}.$$

Par contraction de (20) sur pr et qs , on obtient

$$[\alpha_p] [\alpha^p] - [\bar{\alpha}_p] [\bar{\alpha}^p] = 2 \{ [\alpha_0]^2 - [\bar{\alpha}_0]^2 \},$$

qui résulte aussi de (9) et (13); par contraction sur r et s , on retrouve (18); quand $p = q$, $r = s$, on retrouve (11).

Montrons maintenant que, tensoriellement, on déduit ces identités de quatre d'entre elles, à savoir (9), (13), (8) et (5) que nous écrirons sous la forme

$$(21) \quad [\alpha_p] [\bar{\alpha}_q] - [\alpha_q] [\bar{\alpha}_p] = [\alpha_0] [\bar{\alpha}_{pq}] + [\bar{\alpha}_0] [\alpha_{pq}].$$

Pour la commodité de l'écriture, nous introduisons le tenseur B^{pq} défini par

$$\{ [\bar{\alpha}_0]^2 - [\alpha_0]^2 \} B^{pq} = [\alpha^p] [\bar{\alpha}^q] - [\alpha^q] [\bar{\alpha}^p],$$

ainsi que son dual \bar{B}^{pq} ; en combinant (21) avec sa duale, on en déduit

$$(22) \quad [\alpha^{pq}] = [\bar{\alpha}_0] B^{pq} - [\alpha_0] \bar{B}^{pq}.$$

On a : $[\alpha_q] \bar{B}^{pq} = [\bar{\alpha}_q] \bar{B}^{pq} = [\alpha_p] \bar{B}^{pq} = [\bar{\alpha}_p] \bar{B}^{pq} = B_{pq} \bar{B}^{pq} = B^{pr} \bar{B}^q_r = \bar{B}^{pr} B^q_r = 0$

et de (9), (13), (8), on tire

$$B^{pr} B^q_r + \bar{B}^{pr} \bar{B}^q_r = -\delta^{pq}; \quad B_{pq} B^{pq} = -2; \quad [\alpha_q] B^{pq} = [\bar{\alpha}^p]; \quad [\bar{\alpha}_q] B^{pq} = [\alpha^p].$$

⁽³⁾ Le premier membre de (19) a même forme que le tenseur de Maxwell.

alors, la multiplication contractée de (22) et de sa duale par $[\alpha_q], [\bar{\alpha}_q], [\alpha_{pq}], [\bar{\alpha}_{pq}], [\alpha'_q], [\bar{\alpha}'_q]$ conduit bien à (7), (6); (3), (2); (15), (1); (16), (17).

Toutes ces identités sont valables en théorie de Dirac proprement dite, où les crochets sont du type $[\psi^\times \alpha \psi]$ avec $\psi_k^\times = i\psi_k^* \alpha_k$.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la diffusion des atomes ou des molécules par une paroi de verre.* Note de M. **LOUIS DUNOYER**.

On sait que, si la paroi sur laquelle viennent se heurter les molécules (ou les atomes) d'un faisceau moléculaire est plus chaude qu'une certaine température appelée *critique* par Knudsen, aucun dépôt ne peut se former. Au-dessous de la température critique, les molécules peuvent se fixer, mais ne se fixent pas toujours. Après une certaine durée de séjour sur la surface, elles sont réémises dans une direction quelconque.

On n'a encore obtenu, à ma connaissance, aucune indication sur la proportion des molécules diffusées. La méthode suivante me semble éviter les difficultés considérables d'une mesure directe de cette proportion.

Dans un très bon vide, une source quasi ponctuelle de rayons moléculaires (dans mes expériences, un petit globe d'aluminium porté à la température convenable) est placée à une distance h d'une glace étroite et longue (20^{cm}). Il se forme sur cette lame un dépôt dans lequel on détermine par pesée la répartition du poids m de métal déposé par unité de surface, en fonction de la distance x du centre de cette unité de surface au pied de la perpendiculaire abaissée de la source sur la lame, pied situé au voisinage d'une extrémité de la lame. Si le vide est assez parfait pour que le libre parcours moyen soit très grand par rapport à la distance de la source à un point quelconque de la lame, et si les atomes du métal vaporisé se fixent sur elle dès le premier impact, on a

$$(1) \quad \left(\frac{m_0}{m}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{x^2}{h^2} + 1,$$

en appelant m_0 la masse déposée sur l'unité de surface centrée sur la projection de la source ($x=0$). Si l'on prend $(x^2/h^2) + 1$ en abscisses et $(m_0/m)^{2/3}$ en ordonnées, on doit obtenir comme courbe la bissectrice des axes.

C'est bien ce que l'expérience m'a donné depuis $x=0$ jusqu'à $x=14^{\text{cm}}, 89$ (avec $h=8^{\text{cm}}, 35$), ce qui correspond à des épaisseurs décroissant de $99^{\text{m}\mu}$ jusqu'à une épaisseur de $11^{\text{m}\mu}, 3$. Mais, pour les valeurs de x supérieures, c'est-à-dire les épaisseurs moindres, les points expérimentaux se placent sur une autre droite, de pente plus forte.

Cette croissance plus rapide de $(m_0/m)^{2/3}$, qui correspond à des poids de métal déposé d'autant plus déficients que x est plus grand, donnerait d'abord à penser que le vide réalisé était insuffisant pour que la loi exprimée par la formule (1) fut satisfaite jusqu'à l'extrémité de la lame. Si le libre parcours

moyen est L , et si toutes les molécules incidentes se fixent au premier impact, on doit avoir

$$(2) \quad \left(\frac{m_0}{m}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{x^2}{h^2} + 1\right) e^{\frac{2h}{3L} \left[\sqrt{\frac{x^2}{h^2} + 1} - 1 \right]}.$$

J'ai calculé L par cette formule, de manière que la valeur de $(m_0/m)^{2/3}$ coïncidât avec la valeur expérimentale pour la plus grande valeur de x ($x = 19^{\text{cm}}, 34$). J'ai trouvé $L = 89^{\text{cm}}, 3$. Mais la courbe alors représentée par la formule (2), qui coupe la courbe expérimentale pour $x = 0$ et $x = 19^{\text{cm}}, 34$, s'écarte d'une manière inadmissible, pour les valeurs moyennes de x , des points expérimentaux, répartis sur deux droites.

Appelons x_0 la plus grande des valeurs de x pour laquelle la loi (1) est vérifiée, avec $X_0 = (x_0^2/h^2) + 1$, et m_0 la masse déposée correspondante. Pour $x > x_0$, appelons m_1 la masse réellement déposée par unité de surface, en continuant à désigner par m la masse qui serait déposée si toutes les molécules incidentes se fixaient. En appelant k le coefficient angulaire de la seconde droite ($x > x_0$, $k = 1,289$), on a

$$(3) \quad \left(\frac{m_1}{m}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{k + (1-k) \frac{X_0}{X}} \quad (X > X_0).$$

Or m_1/m , que la formule (3) permet de calculer, est évidemment égal à la proportion d'atomes fixés, et $1 - (m_1/m)$, à la proportion d'atomes diffusés. Le tableau suivant donne les valeurs numériques, ainsi que les incidences α et les épaisseurs e correspondantes :

x (cm).....	14,89	15,38	16,37	17,36	18,35	19,34	∞
α°	60° 44'	61° 30'	63° 1'	64° 19'	65° 32'	66° 39'	0
e (mp).....	11,3	11,1	9,9	8,8	8,0	1,3	0
$1 - (m_1/m)$...	0	0,02	0,06	0,09	0,11	0,13	0,32

Ce tableau met bien en évidence la croissance de la proportion d'atomes diffusés à partir d'une certaine incidence et d'une certaine épaisseur. Reste à savoir lequel de ces deux facteurs est le facteur efficace. Il semble peu probable que ce soit l'incidence, parce que les expériences de Taylor ont montré que, même pour les plus grandes incidences, celle-ci est sans influence sur le *mode* de réémission, qui reste toujours celui de la diffusion suivant la loi du cosinus. Il semble plus probable que le facteur déterminant l'importance de la diffusion est l'épaisseur. Pour une surface de verre vierge (et parfaitement dégazée), 32 % des molécules incidentes seraient donc diffusées dans les conditions de l'expérience. L'épaisseur croissant, la diffusion diminue. L'épaisseur croît donc de plus en plus vite, jusqu'à ce que tous les atomes incidents se fixent au premier impact. L'épaisseur pour laquelle ceci aurait lieu ($11^{\text{mp}}, 3$) serait celle pour laquelle les cristallites déjà formés, que la diffraction électro-

nique a mis en évidence même pour une épaisseur de $7^{\text{m}\mu}$ ⁽¹⁾, seraient assez serrés pour que tout atome incident soit capté par le champ d'un réseau cristallin suffisamment proche.

ÉLECTROTECHNIQUE. — Propagation sur une ligne polyphasée symétrique quelconque. Note ⁽¹⁾ de MM. MAURICE PARODI et FRANÇOIS RAYMOND.

On considère une ligne composée de $n + 1$ fils conducteurs, dont l'un d'eux sert de référence à la mesure des potentiels des autres.

L'un de nous ⁽²⁾ a montré que la théorie du quadripôle s'étend aux réseaux polyphasés : nous allons montrer qu'il en est de même pour une *ligne polyphasée symétrique quelconque*.

Ainsi, si U désigne le vecteur dont les composantes seraient [dans l'espace complexe ou dans l'espace réel selon le point de vue adopté ⁽³⁾] les n différences de potentiel entre les n fils et le $n + 1^{\text{ème}}$, au point d'abscisse x sur la ligne, on peut écrire

$$(1) \quad \frac{\partial U}{\partial x} = -(\alpha)I,$$

I étant le vecteur dont les composantes seraient les courants dans les fils considérés (le $n + 1^{\text{ème}}$ étant parcouru par leur somme changée de signe) et (α) une matrice carrée d'ordre n dont la signification résulte des lois de Kirchhoff (matrice impédance). De même on a

$$(2) \quad \frac{\partial I}{\partial x} = -(\beta)U.$$

En supposant une ligne quelconque, les divers éléments des matrices (α) et (β) sont des fonctions de x , mais, en supposant la ligne *polyphasée symétrique*, ces matrices sont d'un type que nous avons déjà envisagé ⁽²⁾, et les changements de variables de la géométrie unitaire ou de la géométrie euclidienne permettent de ramener (α) et (β) à la forme diagonale ⁽³⁾. Dans ces conditions, on sait, et ceci est essentiel, que, dans le cas d'une *ligne symétrique*, la matrice D de transformation appliquée aux composantes de U (et I) conduisant aux vecteurs \mathcal{U} (ou \mathcal{I}) de composantes U_k (ou I_k), est indépendante des valeurs des termes de (α) et (β) et est la même pour les deux. Cela étant, on a

$$\frac{\partial \mathcal{U}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} DU = D \frac{\partial U}{\partial x};$$

⁽¹⁾ G. HASS, *Kolloid. Zeits.*, 100, 1942, pp. 230-242.

⁽²⁾ Séance du 26 mars 1945.

⁽³⁾ F. RAYMOND, *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 148-150.

⁽³⁾ F. RAYMOND, *ibid.*, 220, 1945, p. 450; F. DETOEUF et F. RAYMOND, *ibid.*, 219, 1944, p. 128.

par suite, on peut remplacer l'équation (1) par

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -D^{-1}(\alpha)D \cdot \mathcal{J} \quad \text{où } (3) \quad D^{-1}(\alpha)D = \begin{pmatrix} z_0 & & & \\ & z_1 & & \\ & & \ddots & \\ & & & z_{n-1} \end{pmatrix},$$

les z_k étant des fonctions de x .

On opérerait de même pour la seconde équation (2). Finalement on aboutit au système

$$(3) \quad \begin{cases} \frac{\partial U_k}{\partial x} = -z_k I_k \\ \frac{\partial I_k}{\partial x} = -y_k U_k \end{cases} \quad (k = 0, 1, \dots, n-1) \quad (*).$$

Les composantes symétriques les plus générales des courants et des tensions (en particulier les composantes de Fortescue), dans le cas d'une ligne *symétrique quelconque*, satisfont donc aux équations connues des lignes bifilaires que nous avons étudiées (⁵).

Pour une composante donnée, les éléments de sortie s'expriment donc en fonction des éléments d'entrée par les équations d'un quadripôle.

Ce résultat peut se retrouver dans des problèmes de propagation d'ondes élastiques.

OPTIQUE. — *Le photon et le principe d'équivalence.*

Note de M. JOSEPH SIVADJIAN, présentée par M. Ernest Esclangon.

Fresnel, dont les travaux ont donné à la théorie ondulatoire de la lumière la puissante impulsion que l'on sait, avait admis comme postulat à ses recherches que le mouvement de la source n'influe pas sur la vitesse des rayons lumineux qui en émanent (¹). Ce postulat ou cette hypothèse a été l'objet de nombreuses tentatives de vérification, tentatives basées principalement sur des observations astronomiques. C'est ainsi par exemple que de Sitter (²), en étudiant les mouvements des étoiles doubles spectroscopiques, a conclu que la vitesse de la lumière n'est pas modifiée par le mouvement de la source. Salet (³) a fourni une confirmation dans le même sens par l'étude des variations de l'éclat des étoiles à éclipses.

D'autres astronomes ont organisé des observations dans le but de vérifier l'existence et l'importance d'une déviation de la lumière qui traverse un champ

(*) En électrotechnique on a pris l'habitude de repérer les n valeurs propres des matrices (α) et (β) par les indices $0, 1, \dots, n-1$.

(⁵) M. PARODI, *ibid.*, 216, 1943, pp. 876-878; F. RAYMOND, *ibid.*, 220, 1945, p. 450.

(¹) *Ann. Chim. Phys.*, 2^e série, 9, 1818, p. 58.

(²) *Physik. Z.*, 14, 1913, pp. 429 et 1267.

(³) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 647; 183, 1926, p. 1263; 188, 1929, p. 387.

de gravitation. Bien que les avis soient partagés quant à la valeur à attribuer à cette déviation, il semble cependant que les auteurs soient unanimes à admettre l'existence de cette déviation. L'explication que l'on en donne est que la lumière possède une masse pesante et que, par conséquent, elle obéit à la loi de la gravitation. Toutefois, si l'on admet l'identité de la masse pesante et de la masse inerte, à la masse pesante du photon on doit associer aussi une masse inerte; et, si le photon, à cause de la masse pesante, obéit à la loi de la gravitation et sa trajectoire s'incurve dans le champ de gravitation du Soleil, il doit aussi obéir, à cause de sa masse inerte, à la loi de l'inertie, de même qu'aux autres lois du mouvement et participer ainsi au mouvement de sa source. Par conséquent les observations signalées ci-dessus, qui confirment d'une part la non-participation du photon au mouvement de sa source, et d'autre part la déviation de ce même photon traversant à proximité du Soleil, nous semblent être inconciliables entre elles et conduire à des résultats contradictoires. Certes, d'après la loi de la composition des vitesses

$$\frac{V + v}{1 + \frac{Vv}{c^2}},$$

lorsque la vitesse du mobile, ici celle du photon, atteint la valeur limite c , on ne peut plus lui ajouter la vitesse de sa source v , ce qui revient à dire que, dans ce cas limite, la vitesse du mobile devient indépendante de celle de sa source; mais ceci n'épuise pas la question.

On possède un certain nombre d'expériences, faites avec des sources terrestres et qui ont pour but de constater s'il y a ou non participation du photon au mouvement de sa source. Michelson, Fabry et Buisson, Majorana, entre autres, ont pensé qu'en recevant la lumière émise par une source en mouvement dans un interféromètre, on pourrait mesurer la longueur d'onde indépendamment de la vitesse de propagation et, par suite, décider entre les théories de la participation et de la non-participation. Toutefois, dans l'hypothèse de la participation, les interprétations des résultats ne sont plus les mêmes, suivant l'hypothèse que l'on fait quant à la vitesse du rayon lumineux, après sa réflexion sur un miroir. Selon l'une de ces hypothèses, le miroir se comporte comme une nouvelle source; selon la deuxième, on admet que la source se déplace comme l'image donnée par le miroir; enfin, dans la troisième hypothèse, on suppose que la lumière, après réflexion, se propage comme si elle provenait d'un centre qui se déplace avec la vitesse de la source.

L'expérience de Q. Majorana (*) ne confirme pas, d'après Michaux (**), les deux premières hypothèses, mais elle s'accorde avec la dernière, ainsi qu'avec

(*) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 424; 167, 1918, p. 71; *Journ. de Phys.*, 5^e série, 7, 1917, p. 203.

(**) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 507.

l'hypothèse de la non-participation. Par contre, selon Kennard ⁽⁶⁾, la mesure de la longueur d'onde dans un appareil où la lumière a subi plusieurs réflexions ou transmissions, peut facilement être faussée par suite de ces conditions expérimentales; mais il n'en est pas de même, dit-il, des études basées sur les modifications de l'aspect des franges d'interférence. Or Dufour et Prunier ⁽⁷⁾ ont décrit ces dernières années une expérience dans laquelle un faisceau lumineux, issu d'une source fixe, est dirigé sur une lame séparatrice qui donne naissance à deux rayons. Le premier traverse la lame et continue son chemin dans sa direction primitive; le second se réfléchit sur la lame séparatrice et poursuit par conséquent son chemin dans la direction opposée à la première. Puis, ces deux rayons, après avoir fait le tour d'un circuit fermé en sens inverse l'un de l'autre, se réunissent de nouveau sur la même lame séparatrice, qui les envoie cette fois à un interféromètre de Sagnac où l'on observe la formation des franges. L'expérience montre que, si l'on fait tourner la plate-forme qui porte cette installation optique, dans un sens ou dans l'autre, ce mouvement de rotation amène un déplacement des franges d'interférence, dont la valeur est la même pour les deux sens de rotation et de l'ordre de grandeur prévu par la théorie de la non-participation. Si l'on admet que la lumière participe au mouvement de sa source et, de plus, conformément aux deux premières hypothèses, à celui de la lame réfléchissante, la vitesse du rayon réfléchi doit être influencée par le mouvement du miroir, tandis que celle du rayon transmis doit rester inchangée. Le déplacement des franges ne doit plus être symétrique et sa valeur doit dépendre du sens de la rotation, et, comme cela n'est pas, on en conclut que la réflexion de la lumière sur un miroir en mouvement ne modifie pas la vitesse de propagation du rayon réfléchi.

FLUORESCENCE. — *Sur le phénomène de concentration des solutions fluorescentes.*

Note ⁽¹⁾ de M. DIDIER BERTRAND, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Stokes a découvert ⁽²⁾ qu'en diluant une solution fluorescente, l'intensité lumineuse réémise passe par un maximum; puis Strenger ⁽³⁾ a constaté que le maximum de la bande de fluorescence de la fluorescéine est légèrement déplacé vers le rouge quand la concentration croît, fait qui est confirmé par Nichols et Merrit ⁽⁴⁾, alors que Wick ⁽⁵⁾ ne trouve pas de variation de la position du maximum de la bande de fluorescence de la résorcine lorsque la

⁽⁶⁾ *Nature*, 109, 1922, p. 581.

⁽⁷⁾ *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 988; *Journ. de Phys.*, 8^e série, 3, 1942, p. 153.

⁽¹⁾ Séance du 4 avril 1945.

⁽²⁾ *Ann. Phys.*, 96, 1858, p. 522.

⁽³⁾ *Wied. Ann.*, 38, 1886, p. 201.

⁽⁴⁾ *Phys. Rev.*, 18, 1904, p. 412.

⁽⁵⁾ *Ibid.*, 24, 1907, p. 371.

concentration varie. Enfin Ley et Engelhardt ⁽⁶⁾ ont montré que la bande de fluorescence ultraviolette du phénol en solution alcoolique se déplace quand la concentration change. Alors que le phénomène de Stokes a trouvé une explication à la suite des recherches de J. et F. Perrin, celui du déplacement de la bande de fluorescence est resté énigmatique et n'a pas fait l'objet de nouveaux travaux.

En utilisant un appareillage suffisamment puissant et en enregistrant les clichés photographiques des spectres de fluorescence ⁽⁷⁾, il devient possible d'analyser davantage le phénomène. Le sel de sodium de la fluorescéine montre ainsi, en solution aqueuse, une bande de fluorescence dont la courbe de variation d'intensité en fonction de la longueur d'onde a la forme d'une cloche régulière, avec un maximum en 5490 Å pour une concentration de M/100, alors que, pour M/10000, il y a un maximum principal en 5200 Å et un secondaire assez intense en 5490 Å. Le même phénomène a lieu pour le sulfate de quinine en solution aqueuse, où le maximum de 4560 Å de la solution saturée devient secondaire, tout en restant d'une intensité importante, et où apparaît un maximum principal en 4380 Å pour une solution très diluée. On peut facilement expliquer ces faits en admettant, non le déplacement du maximum, ce qui n'est pas exact, mais l'apparition dans la solution de deux formes de la molécule fluorescente : $A_1 \rightleftharpoons A_2$, l'équilibre se déplaçant en faveur de A_2 quand la dilution croît. En effet le sulfate de quinine, qui présente le même phénomène que la fluorescéine, mais dont la solution est incolore, exclut l'autoabsorption de la lumière et l'on ne peut d'autre part faire intervenir l'ionisation, puisque la *m*-N-diméthylnitraniline présente, en solution benzénique, un maximum situé en 5950 Å pour une solution M/5, passant à 5850 Å pour M/1000; seulement ici les deux maximums sont trop voisins et interfèrent. Cette différence entre les longueurs d'onde des maximums des formes A_1 et A_2 peut être encore plus faible, par exemple, pour l'acridine en solution alcoolique, où il passe seulement de 4440 Å pour M/10 à 4430 Å pour M/10000. On s'explique ainsi que ce phénomène, qui est très général, puisse dans certains cas passer inaperçu.

Tous ces corps ont un spectre de fluorescence différent à l'état pur et en solution et plus intense pour une concentration donnée qu'à l'état pur. Mais ce n'est pas là une règle générale : il existe au moins une substance, le carbazol, qui est au contraire beaucoup plus fluorescente à l'état solide qu'à l'état dissous. En outre ce corps n'a pas d'optimum de concentration en solution dans l'alcool absolu : l'intensité de fluorescence de la solution décroît d'une façon régulière quand la dilution augmente. Le spectre en solution saturée diffère très peu qualitativement de celui à l'état solide, mais il est environ cent fois moins intense qu'avec le carbazol cristallisé; le maximum, situé en 4300 Å (M/20), passe seulement à 4270 Å pour M/2000.

⁽⁶⁾ *Zeits. physik. Chem.*, 74, 1910, p. 1.

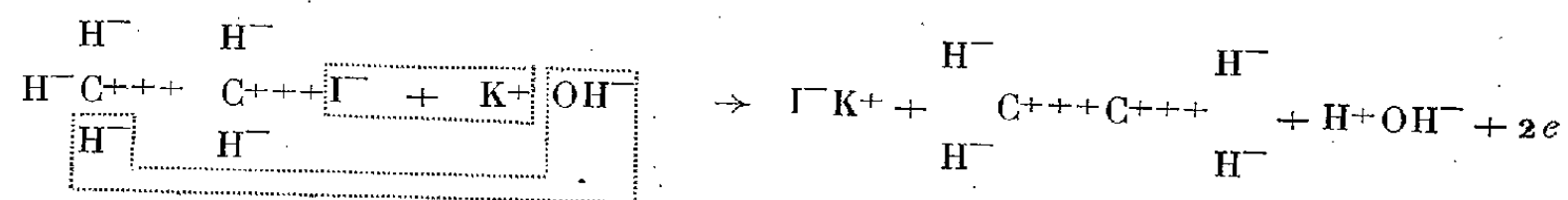
⁽⁷⁾ Les détails et les courbes seront données dans une publication plus étendue.

L'hypothèse faite plus haut suffisant à expliquer tous ces faits, devrait-on en conclure que l'explication de J. et F. Perrin, vérifiée indirectement par ailleurs par F. Perrin, se trouve en défaut? Si l'on se reporte à un travail de J. Perrin ⁽⁸⁾, il semble que non, à la condition de modifier légèrement leur hypothèse explicative : la désactivation induite ne serait pas provoquée par la molécule fluorescente elle-même, soit A_1 , soit A_2 , mais par la molécule de structure voisine, c'est-à-dire par A_1 pour A_2 , et *vice versa*. En général A_1 serait moins fluorescente que A_2 , mais pour le carbazol l'inverse se produirait, avec une différence considérable en faveur de A_1 , dont la structure serait presque identique à celle de la molécule solide. Cette hypothèse explique également, en conservant la thèse de J. et F. Perrin, pourquoi, ainsi que l'avait observé Lépine ⁽⁹⁾, la fluorescence des sels de fluorescéine reste constante aux très faibles dilutions : il ne resterait plus alors pratiquement que la forme A_2 , ce que justifie le spectre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'électromérie et la représentation ionique. Application aux liaisons éthylnique et acétylnique et au noyau aromatique.* Note de M. HENRI TRICHÉ.

L'électromérie et la théorie ionique en chimie organique paraissent être deux aspects voisins d'une même théorie qui expliquerait la formation des spectres électroniques et les réactions chimiques. On désigne par électromères les différentes formes de résonance d'une molécule dues à un effet électronique dynamique, les formes actives nécessitant des indications de charge. D'après les résultats obtenus par diverses méthodes (rayons X, parachor, magnétochimie, propriétés chimiques), il semble que les corps organiques soient constitués par des ions. On est donc amené à considérer *les formes de résonance comme des molécules de constitutions ioniques différentes*. Par suite deux formes d'une même molécule ayant le même nombre d'électrons et sensiblement la même disposition des noyaux, *n'auront pas le même volume réel* (somme des volumes des ions).

ÉTABLISSEMENT DES FORMES ÉLECTROMÈRES D'APRÈS LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES. — 1° *Cas des carbures éthylniques.* — Au cours de la réaction primaire de formation

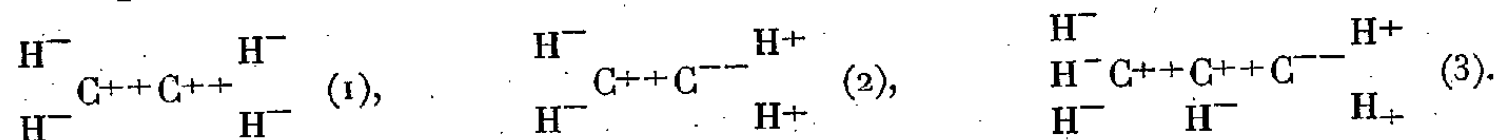


les 2 électrons libérés par le passage $\text{H}^- \rightarrow \text{H}^+ + 2e$ neutralisent les deux C^{+++} ,

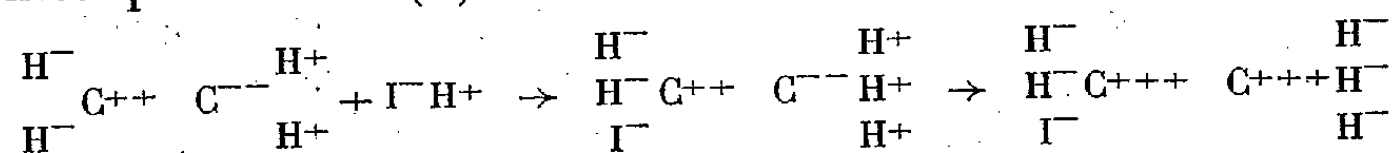
⁽⁸⁾ *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1097.

⁽⁹⁾ *Diplôme d'études*, 171, 1914, Paris.

d'où la représentation de l'éthylène par la forme (1)

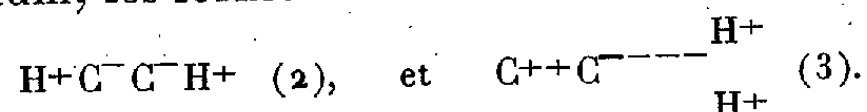


Mais les carbures éthyléniques présentent des propriétés additives bien représentées par la forme (2)

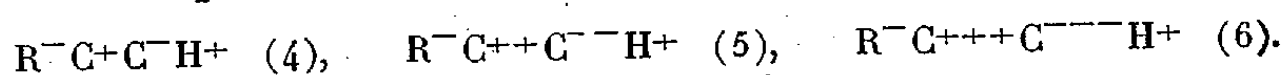


Le propylène a la formule (3) qui explique l'addition des hydracides, dont l'halogène se fixe sur le carbone le moins hydrogéné; c'est le contraire pour l'acide hypochloreux $\text{Cl}^+ \text{OH}^-$, où le chlore est sous la forme Cl^+ .

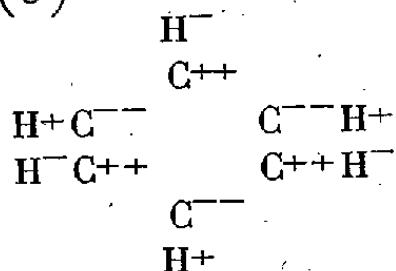
2° *Cas des carbures acétyléniques.* — La préparation à partir des dérivés dihalogénés fournit l'électromère $\text{R}^- \text{C}^+ \text{C}^+ \text{H}^-$ (1), celle de l'acétylène à partir du carbure de calcium, les formes



D'autre part l'addition des hydracides se fait par fixation de deux atomes d'halogène sur le carbone le plus substitué. Les deux atomes de carbone n'ont donc pas la même polarité; on doit envisager d'autres formes telles que



3° *Cas du noyau aromatique.* — On trouve sa constitution en partant de la polymérisation de l'acétylène, mais la forme trouvée doit montrer sa parenté avec les éthyléniques et une structure à polarité alternée. Le benzène est donc un polymère de l'électromère (5)



ÉTUDE QUANTITATIVE. — On choisira la forme stable à l'état liquide en calculant le volume réel de la molécule au moyen des parachors. Cependant, dans le cas présent, on ne pourra pas contrôler la valeur des rayons calculés pour les ions carbone négatifs.

1° *Carbures éthyléniques.* — Si l'éthylène n'était constitué que par des hydrogènes négatifs et des carbones positifs, son parachor serait 78 (valeur mesurée 99,5). Ce carbure renferme donc un carbone négatif de volume assez grand et par suite des hydrogènes positifs. On est donc conduit à vérifier la possibilité d'existence de la forme (2) au moyen des parachors de l'éthylène et du propylène. Le volume de C^{++} est négligeable devant celui des 2 H^- . Soit x

le rayon de $\text{H}^+\text{C}^--\text{H}^+$,

$$\frac{99,5}{2(1,27)^3 + x^3} = \frac{139,9}{4(1,27)^3 + x^3} = P_s = 9,85,$$

d'où $x^3 = 5,997 \text{ \AA}^3$, $x = 1,817 \text{ \AA}$.

2° *Carbures acétyléniques*. — Un raisonnement analogue au précédent conduit à adopter la forme (6) des acétyléniques. La considération des parachors des méthyl-, éthyl-, propylacétylènes (1) conduit pour le rayon de C^--H^+ à la valeur $1,93 \text{ \AA}$. Les formes (4) et (5) conduiraient à la même valeur pour C^-H^+ et C^--H^+ ; elle serait alors inacceptable.

3° *Noyau aromatique*. — A partir des parachors du benzène et du toluène ($206,3$ et $246,0$), on trouve, pour le rayon de C^--H^+ , $1,72 \text{ \AA}$.

Discussion. — Les rayons trouvés pour C^-- et C^--H^+ doivent être compris entre $0,78 \text{ \AA}$ et $2,60 \text{ \AA}$, rayon de l'atome et de C^--H^+ (Pauling). Le rayon de H^+ est sensiblement égal à sa distance au noyau de l'ion négatif lorsqu'il est à l'intérieur de celui-ci. Distance C—H : éthylénique $1,09$ (2), noyau aromatique $1,14 \text{ \AA}$ (3), d'où, pour C^-- , $1,505 \text{ \AA}$ et $1,528 \text{ \AA}$. *Les carbures éthyléniques et aromatiques possèdent donc le même carbone négatif C^--* . Pour l'acétylène, C—H = $1,06 \text{ \AA}$ (2), d'où C^--H^+ $1,82 \text{ \AA}$. *Les carbures acétyléniques possèdent un carbone négatif, dont le rayon est supérieur à celui des éthyléniques et du noyau aromatique*.

Conclusion. — Les carbures non saturés possèdent des ions carbone négatifs. Le noyau benzénique est caractérisé par la présence de trois ions bivalents négatifs. Une conclusion analogue s'applique à d'autres composés à caractère aromatique (furane, thiofène, sélénofène).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Activité optique d'amides dérivés du méthyl-3 amino-1 cyclohexane et d'acides acycliques*. Note de MM. **MAX MOUSSERON** et **ROBERT GRANGER**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le méthyl-3 amino-1 cyclohexane existe sous deux formes spatiales *cis* et *trans* actives non précisées jusqu'ici; l'une d'elles a été isolée par nous (1), l'autre par M^{lle} Cauquil, M^{lle} Guizard et Calas (2). Nous les désignerons par les lettres A et B.

Traitées par les chlorures d'acides, ces amines donnent naissance à deux séries de composés A et B, qui sont des amides primaires substitués à l'azote par un radical méthyl-3 cyclohexyle, répondant à la formule générale (où R

(1) F. R. MOREHOUSE et O. MAASS, *Canad. J. Research*, 5, 1931, p. 306; 11, 1934, p. 637.

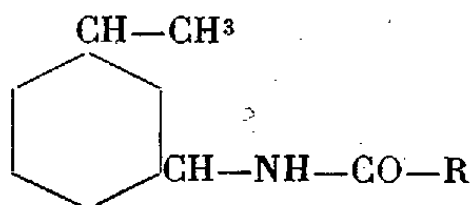
(2) *Ann. Reports on the Progress of Chemistry*, 1940.

(3) JONES, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, pp. 1036-1039.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 7, 1940, p. 59.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 8, 1942, p. 252.

est un groupement hydrocarboné acyclique)



L'activité optique de ces amides, qui est essentiellement l'objet de cette Note, a été déterminée pour des solutions dans l'éthanol ou le benzène à la concentration de 1 %.

Isomère A.		[α] _{546°}		[M] _{546°}		$\frac{[\alpha]_{546}}{[\alpha]_{579}}$
		éthanol.	benzène.	éthanol.	benzène.	
Méthanamide.....	liquide	-14,8	-23,6	-20,9	-33,3	1,15
Éthanamide.....	F 122°	-51,0	-51,2	-79,1	-79,4	1,15
Propanamide.....	108	-50,8	-49,4	-85,9	-83,5	1,14
Butanamide.....	91,5	-44,7	-45,0	-81,6	-82,3	1,14
Pentanamide.....	81	-40,0	-41,0	-78,8	-80,8	1,14
Hexanamide.....	83	-36,8	-37,4	-77,6	-78,9	1,14
Heptanamide.....	72,5	-35,2	-36,0	-79,2	-81,0	1,14
Nonanamide.....	64	-31,8	-34,0	-80,5	-86,0	1,14
Undécanamide.....	84	-27,8	-29,8	-78,1	-83,7	1,14
Dodécanamide.....	87	-27,0	-28,8	-79,1	-85,0	1,14
Tétradécanamide..	91,5	-25,2	-27,2	-81,4	-88,0	1,14
Hexadécanamide..	97,5	-24,8	-27,0	-87,1	-94,1	1,14
Octadécanamide...	91	-22,4	-24,6	-84,9	-93,2	1,14
Icosanamide.....	69	-21,2	-22,8	-86,3	-92,8	1,14
Buténamide.....	68,5	-17,5	-35,5	-31,7	-64,2	1,14
Octadécénamide...	74	-21,8	-23,2	-82,2	-87,5	1,15
Isomère B.						
Méthanamide.....	liquide	- 3,0	- 3,4	- 4,2	- 4,8	1,1
Ethanamide.....	»	- 3,0	- 2,6	- 4,6	- 3,7	1,1
Undécanamide.....	F 24	- 1,6	- 1,4	- 4,6	- 3,9	1,1
Hexadécanamide...	65,5	- 4,6	- 3,8	-16,1	-13,3	1,1
Octadécanamide...	50,5	- 3,2	- 1,4	-12,1	- 5,3	1,1

Le pouvoir rotatoire des amides est de même signe, mais toujours plus élevé que celui des amines; les amides A sont extrêmement actives, tandis que les composés B dévient faiblement la lumière polarisée.

Le pouvoir rotatoire moléculaire des amides A augmente légèrement avec le nombre d'atomes de carbone du radical R, mais les variations demeurent relativement faibles, lorsqu'on fait abstraction du méthanamide. Il semble, en première approximation, que toute l'activité soit apportée par la partie cyclanique et le groupement fonctionnel, le radical R n'ayant qu'une influence très réduite. La présence d'une double liaison dans le radical acyclique ne modifie nettement l'activité que lorsqu'elle se trouve au voisinage de la fonction amide.

Les diamides dérivant du méthyl-3 amino-1 cyclohexane A actif et de

diacides acycliques inactifs sont des substances peu solubles dans le benzène et l'alcool. Pour une concentration de 3 % dans l'éthanol, leur activité est beaucoup plus élevée que celle des monoamides précédents.

	F.	$[\alpha]_{546}$	$[M]_{546}$
Éthanediamide.....	255°	—90°	—250°
Butanediamide.....	246	—70	—220
Butènediamide.....	220	—60	—180

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHERIQUE. — *Sur un montage électrométrique pour la mesure du champ électrique terrestre par une méthode de zéro.* Note (1) de M. ROBERT LECOLAZET, présentée par M. Charles Maurain.

Gish et Sherman (*A leak-free method of measuring air potentials*, Terr. Magn., 34, pp. 231-237; 42, 1937, pp. 285-288) ont montré les avantages d'une méthode de zéro dans la mesure du champ électrique terrestre; les pertes par les isolants sont pratiquement nulles et l'on peut lire directement le potentiel sur un voltmètre ordinaire. Dans la méthode proposée par ces auteurs, la compensation doit se faire en manœuvrant à la main le curseur d'un potentiomètre. Il m'a paru intéressant de rendre cette compensation entièrement automatique.

Imaginons un amplificateur à courant continu comportant un nombre impair d'étages, trois par exemple. Le montage est agencé de telle sorte que le potentiel moyen de la grille de la première lampe soit égal à celui de la masse de l'amplificateur. La plaque de la dernière lampe est chargée par une résistance, aux bornes de laquelle apparaît une tension dont les variations sont, entre certaines limites, proportionnelles à celles de la grille de la première lampe. Le facteur de proportionnalité est négatif et nous le désignerons par $-K$. Relions la plaque de la dernière lampe au pôle positif d'une batterie P, de force électromotrice telle que son pôle négatif soit au potentiel de la masse lorsque la grille de la première lampe est à ce même potentiel. Mettons au sol le pôle négatif de la batterie P. Un raisonnement simplifié montre que, si l'on porte la grille de la première lampe au potentiel V_1 par rapport au sol, la masse de l'amplificateur prend le potentiel $V_2 = V_1 / [1 + (1/K)]$, très voisin de V_1 si K est assez grand.

Analysons de plus près le fonctionnement du montage. Prenant pour zéro le potentiel du sol, je désignerai par V le potentiel à mesurer, potentiel d'un point relié à la grille de la première lampe par une résistance R ; par V_1 et V_2 les potentiels respectifs de la grille et de la masse de l'amplificateur; par R_1 la résistance d'isolement de la grille (par rapport à la masse) et par ρ la résistance interne de cette électrode; par C la capacité entre la grille et la

(1) Séance du 19 mars 1945.

masse (on suppose négligeable la capacité grille-sol, la connexion de la grille étant, pour la plus grande partie, protégée par un blindage mis à la masse); par $\tau_1 = CR$ la constante de temps du circuit de grille et par τ_2 celle de l'amplificateur; enfin je désignerai par ε le rapport R/R_1 et par a la quantité $1 + (R_1/\rho)$, très voisine de l'unité.

Avec ces notations et en négligeant $1 + a\varepsilon$ devant K , les équations différentielles donnant V_1 et V_2 en fonction de V sont :

$$(1) \quad \frac{\tau_1 \tau_2}{K} \frac{d^2(V_1 - V_2)}{dt^2} + \frac{\tau_1 + (1 + a\varepsilon)\tau_2}{K} \frac{d(V_1 - V_2)}{dt} + V_1 - V_2 = \frac{V}{K} + \frac{\tau_2}{K} \frac{dV}{dt},$$

$$(2) \quad V_1 = V - a\varepsilon(V_1 - V_2) - \tau_1 \frac{d(V_1 - V_2)}{dt}.$$

Avant de résoudre ces équations, de façon approchée, on peut se demander si le montage est stable. L'examen du premier membre de l'équation (1) fournit la réponse à cette question. On voit que des oscillations peuvent se produire, mais qu'elles sont si fortement amorties (τ_2 peut être inférieur au millième de seconde) qu'elles n'entrent pratiquement pas en ligne de compte.

Une solution très approchée du système des équations (1) et (2) s'obtient facilement. En effet, si τ_2 est négligeable et si K est assez grand pour qu'on puisse négliger τ_1/K , le système devient

$$V_1 - V_2 = \frac{V}{K}; \quad V_1 = V \left(1 - \frac{a\varepsilon}{K}\right);$$

il en résulte

$$V_2 = V \left(1 - \frac{1 + a\varepsilon}{K}\right).$$

Il reste à étudier l'effet sur V_2 des fluctuations des tensions d'alimentation de l'amplificateur. On calcule aisément que les variations de V_2 sont très sensiblement $1 + K/(1 + \varepsilon)$ fois plus petites que si l'amplificateur était utilisé de la façon habituelle.

Si l'on donne à K une valeur élevée (100 000 par exemple) et si l'on admet que ε est voisin de 10, on conclut de ce qui précède que :

1° le potentiel de la masse (qu'on mesure à l'aide d'un voltmètre ordinaire) diffère du potentiel V à mesurer de 1/10 000 environ;

2° les variations de la polarisation de la grille [de la première lampe (ce sont celles de $V_1 - V_2$)] sont extrêmement faibles. Il en résulte d'abord que l'amplificateur fonctionne toujours dans d'excellentes conditions, ensuite que la méthode employée est bien une méthode de zéro;

3° le montage est pratiquement insensible aux fluctuations des tensions d'alimentation.

Évidemment ces conclusions ne sont exactes que si V varie entre certaines limites. La marge permise de variation de V est un peu plus grande que la moitié de la tension appliquée à la dernière lampe de l'amplificateur.

Bien que l'appareil ait été réalisé avec des moyens de fortune, ses essais ont donné des résultats conformes aux conclusions théoriques exposées ci-dessus. Je me propose de l'utiliser désormais à l'enregistrement du champ électrique terrestre.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la correction de fuite, dans les mesures de conductibilité de l'air.* Note de M. JEAN LACAZE.

La méthode classique ⁽¹⁾ de détermination de la correction de fuite, dans les appareils servant à mesurer la conductibilité de l'air par le procédé du courant d'air, consiste, que l'armature interne du tube de Gerdien soit maintenue en place ou non, à arrêter le courant d'air et à mesurer la chute de potentiel des conducteurs soumis à la déperdition en un temps donné. Mais cette méthode suppose que les isolants sont doués d'une conductibilité massique et superficielle bien définie sous des différences de potentiel fixes, et que, en plus de cette fuite irrémédiable, il peut en exister une autre, due aux films humides, organiques ou poussiéreux, sur les surfaces des isolants; cette deuxième fuite devrait toujours disparaître par nettoyage, protection ou réchauffement, le nettoyage pouvant d'ailleurs donner une charge superficielle, au moins temporaire, aux isolants (Queney). De toutes façons, dans des conditions d'utilisation stables, et après polarisation des diélectriques, la fuite devrait être quasi nulle.

J'ai examiné les mesures faites à Alger, du 26 octobre 1935 au 30 juin 1937, par M. Lasserre, M^{lles} Grandjean, Malbos et Castet, et j'ai constaté que cela n'était vrai que pour 343 mesures sur 774. Ed. Salles ⁽²⁾ a décelé de son côté des fuites anormalement grandes en août et septembre 1939 à Chambon-la-Forêt. A Tamanrasset, où le champ électrique de l'air est très faible (30 volts par mètre), j'ai rencontré, d'avril à décembre 1943, des fuites extraordinaires, généralement pendant les 2 heures qui suivent le lever du Soleil, et les 4 heures qui encadrent son coucher, lorsque la quantité d'eau précipitable était manifestement peu élevée. J'ai attribué ces fuites à une émission neutronique du Soleil, agissant surtout sur l'hydrogène des isolants. L'importance de la fuite était telle que l'électromètre (Villey, à quadrants) était inutilisable. De plus elle était précédée, ou suivie, ou remplacée par l'existence d'ions atmosphériques de mobilités telles qu'ils étaient monoatomiques ou monomoléculaires. Aussi n'ai-je essayé de mesurer les fuites que *par temps très humide, avec la plus grande vitesse possible du courant d'air* (afin de ne capter que des ions de mobilités extrêmement grandes), l'armature interne du Gerdien étant laissée en place. Je n'ai alors jamais constaté de fuite, au sens ordinaire. Je dois ajouter

⁽¹⁾ CH. MAURAIN, *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique de Mathias*, Paris, 1924, p. 116.

⁽²⁾ *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 20, 1942, p. 57.

que mon électromètre était assez peu sensible (déviations de l'aiguille, 1 volt par degré) et que mes isolants présentaient tous des lignes de fuite considérables et étaient de volumes relativement forts, ce qui leur permettait de rendre thermiques des neutrons rapides. Cette dernière condition est indispensable pour que la détection d'une émission neutronique soit possible.

PALÉOBOTANIQUE. — *Histoire forestière flamandienne comparée de la Montagne de la Madeleine, des Bois Noirs et des Monts du Forez.*

Note ⁽¹⁾ de M. **GEORGES DUBOIS** et M^{me} **CAMILLE DUBOIS**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

I. Les massifs d'entre Limagnes d'Allier et de Loire sont, du Nord au Sud, la Montagne de la Madeleine (1165^m au Bois de l'Assise), les Bois Noirs (1292^m au Puy de Montoncelle), les Monts du Forez (1640^m à Pierre-sur-Haute) ⁽²⁾. Les deux premiers ont une riche parure forestière de Hêtre et Sapin; les Monts du Forez ont de larges sommets chauves et des pentes forestières. Les tourbières sont installées au voisinage des crêtes ou un peu en contre-bas. Des analyses polliniques de deux de ces tourbières ont été publiées déjà, l'une des Bois Noirs par G. Lemée ⁽³⁾, l'autre des Monts du Forez par G. Dubois, M^{me} C. Dubois et M^{me} F. Dubois ⁽⁴⁾. Nous confrontons ici les résultats de ces travaux avec ceux d'autres analyses que nous avons effectuées sur un matériel provenant de 4 tourbières de la Montagne de la Madeleine et de 5 autres des Monts du Forez ⁽⁵⁾.

II. L'histoire forestière générale des trois massifs est la suivante :

1° *Phase boréale*, vers les années —7000 à —6000; Pin et Bouleau, non exclusifs, avec poussée de Coudrier. 2° *Phase atlantique*, vers —5000 à —4000; Chênaie mixte à Chêne dominant, Tilleul, Orme rare; deuxième poussée de Coudrier avec maximum subcontemporain de celui de la Chênaie mixte ou de peu antérieur ou postérieur à celui-ci. 3° *Transition des phases atlantique et subboréale*, vers —3000 à —2500, *phases subboréale et subatlantique*; Fagabiétaie (Hêtre et Sapin) très développée. 4° *Phase terminale à forêt diversifiée* sous l'action humaine, souvent avec Fagabiétaie et Pin.

Les comparses, Aulne, Saule, Frêne, sont très effacés pendant toute cette

⁽¹⁾ Séance du 4 avril 1945.

⁽²⁾ Carte au 1/80000, 158 Roanne et 167 Montbrison.

⁽³⁾ *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, N. S., 7, 1941, pp. 40-49, 2 fig.

⁽⁴⁾ *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), 15, 1945, 3 fig.

⁽⁵⁾ Tourbière des Narses près Saint-Nicolas-des-Biefs en Montagne de la Madeleine, sondée par nous; celles des environs de Saint-Anthème dans les Monts du Forez, par M. H. Weiss, Directeur de l'École Nationale supérieure du Pétrole et des Combustibles liquides; les autres, par les Prospecteurs du Comité d'organisation de l'Industrie des Combustibles minéraux solides.

histoire. Le Châtaignier, très rare près de la surface, n'a pas à entrer en ligne de compte.

III. Les couches jeunes des tourbières, plus souvent présentes ou plus aisément récoltées que les autres, nous renseignent surtout sur les divers aspects de la Fagabiétaie.

Montagne de la Madeleine. — Aux tourbières du Gué-de-la-Chaux (1060^m), à Arcon; des Narses (1200^m), à Saint-Nicolas-des-Biefs et Saint-Rirand; de Saint-Nicolas ou de Boffet (905^m), à Saint-Nicolas-des-Biefs; des Narses-de-l'Église (1030^m), à Laprugne, le Hêtre est presque exclusif; le Sapin, rare, augmente discrètement son pourcentage jusque vers la fin du subatlantique.

Bois Noirs. — A la tourbière de l'Étui (1150^m), à Saint-Priest-Laprugne (G. Lemée), vers la mi-phase à Fagabiétaie, le Sapin tente une poussée sensible puis régresse sans dominer jamais sur le Hêtre.

Monts du Forez. — A la tourbière du Puy-de-Vérine (970^m), à Noirétable (G., C. et F. Dubois); le Hêtre est d'abord prépondérant, puis le Sapin; la date du virage de dominance peut être estimée vers —1000 à —800. Plus au Sud, aux tourbières de Gros-Fumet (1310^m), à Sauvain et de la Roche-Gourgon (1350^m), à Roche, le Sapin tient une place importante et parfois dominante dans la Fagabiétaie (celle-ci modeste à la Roche-Gourgon). Aux tourbières Ouest-de-Grande-Pierre-Basanne (1360^m), à Roche; du Fond-du-Sac, dans le Bois de Faye (1150^m), à Lérigneux le Hêtre est dominant et le Sapin en discrète progression. A la tourbière de Baracuchet (1250^m), à Saint-Anthème, le Hêtre est généralement prépondérant, mais avec poussée de Sapin vers la mi-phase à Fagabiétaie et dominance vers la fin.

IV. En résumé, depuis la période boréale jusqu'à nos jours, la couverture forestière des trois massifs interlémaniens a évolué conformément à l'histoire très classique des forêts de nos montagnes moyennes. Dans la Fagabiétaie le Hêtre fut généralement prépondérant; le Sapin, plus ou moins marquant, s'est développé au cours des temps subboréal et subatlantique, parfois peu à peu, parfois brusquement jusqu'à dominer en certains points, sans que ces diverses modalités soient ordonnées par une règle évidente d'altitude, de latitude ou d'orientation de versant.

ZOOLOGIE. — *Sur une coaptation nouvelle connexe de l'appareil copulateur de certains Oniscoïdes supérieurs.* Note (1) de M. JEAN-JACQUES LEGRAND, présentée par M. Charles Pérez.

Depuis les travaux de Friedrich (1883) on connaît chez les mâles des Iso-podes terrestres supérieurs une remarquable coaptation, connexe de l'appareil copulateur, assurant la liaison entre l'apophyse génitale et les endopodites de

(1) Séance du 26 mars 1945.

la 1^{re} paire de pléopodes. L'étude de l'appareil copulateur des formes les plus primitives des Oniscoïdes supérieurs, appartenant à la famille des *Scyphacidæ*, m'a permis de mettre en évidence une coaptation reliant les endopodites de la 1^{re} paire de pléopodes.

1. *Coaptation chez Deto echinata Guérin.* — Chez *Deto echinata* les basipodites de la 1^{re} paire de pléopodes sont soudés l'un à l'autre par leur base. Les endopodites 1 se présentent sous la forme de stylets à lame courbe renflés à la base, du côté interne, en une sorte de poignée. Au niveau de ce renflement les endopodites sont accolés. Une série de coupes transversales intéressant la zone de contact des deux endopodites met en évidence une coaptation rendant les endopodites solidaires. Examiné en coupe transversale, chaque endopodite présente du côté interne une encoche profonde délimitée par deux expansions, en forme de condyles recourbés, dont la plus développée est l'expansion tergale. Le condyle tergal de l'endopodite droit pénètre dans l'encoche de l'endopodite gauche et se trouve donc enserré entre les deux condyles de ce dernier. Ces condyles correspondent à deux côtes saillantes situées sur la face interne de chaque endopodite. La côte tergale, épousant à sa base le bombement de l'endopodite, est ensuite rectiligne et diminue graduellement d'épaisseur pour finalement disparaître au voisinage de la naissance des gouttières conductrices du sperme. La côte sternale, beaucoup plus courte, n'est présente que le long de la partie bombée de l'endopodite.

Ces deux côtes, présentes sur chaque endopodite, sont de toute évidence des formations symétriques : elles offrent deux à deux des sections parfaitement semblables à partir du niveau où les deux endopodites ne sont plus en contact l'un de l'autre. Par contre, au niveau de la coaptation, les côtes symétriques offrent des sections très différentes : la côte tergale de l'endopodite droit est fortement recourbée et s'adapte exactement à la forme de l'encoche de l'endopodite gauche. La côte tergale de ce dernier est au contraire à peine recourbée. Elle épouse la courbure externe de la côte symétrique, sur laquelle elle repose quand les deux endopodites sont coaptés. La côte sternale de l'endopodite droit est étroitement appliquée contre le fond de l'encoche qu'elle délimite. La côte sternale symétrique se loge dans la partie restante de cette encoche.

2. *Autres genres appartenant à la famille des Scyphacidæ.* — Chez *Scyphax ornatus* Dana les basipodites de la 1^{re} paire de pléopodes sont séparés. Chaque endopodite 1 présente, comme chez *Deto*, un renflement basal accolé au renflement de l'endopodite symétrique. Une série de coupes transversales intéressant cette zone montre que chaque endopodite émet du côté tergal une expansion massive, en forme de condyle, tout à fait comparable à ce qu'on trouve chez *Deto*. Mais, contrairement à ce qui se passe chez cette espèce, il n'y a pas de coaptation, les condyles n'entrent pas en contact. De même que chez *Deto* les condyles correspondent à de fortes côtes situées sur la face interne des endo-

podites. L'examen des coupes intéressant les basipodites montre que la côte de l'endopodite prolonge exactement une côte analogue, mais encore plus saillante, du basipodite. Cette dernière présente en coupe le même aspect de condyle dont la pointe, très rapprochée de celle de son antagoniste, n'entre cependant pas en contact avec elle.

Chez *Armadilloniscus candidus* B. L. les basipodites sont soudés l'un à l'autre par la base. Les endopodites sont entièrement séparés. Leur face interne ne présente aucune côte dans sa partie proximale, correspondant à la partie renflée de l'endopodite. Au delà de ce renflement apparaît la côte tergale, dont la section, en forme de condyle court et massif, est très analogue à celle qu'on observe au même niveau chez *Deto* et *Scyphax*.

3. *Oniscidæ inférieurs*. — A partir de la famille des *Oniscidæ* on n'observe plus, chez les *Embolophora* supérieurs, aucune trace de côte sur la face interne de l'endopodite 1. Les basipodites sont soudés dans leur partie proximale. Chez *Halophiloscia Couchii* Kinahan, une série de coupes transversales intéressant la région de la soudure met en évidence sur la face interne un isthme étroit, situé du côté tergal, reliant les basipodites. Dans les coupes plus distales la séparation des deux articles laisse subsister, dans l'angle tergal interne, des condyles antagonistes analogues à ceux du basipodite de *Scyphax* ou de l'endopodite de *Deto* et *Armadilloniscus*.

Conclusion. — Chez les *Embolophora* inférieurs l'anatomie comparée des endopodites et des basipodites de la 1^{re} paire de pléopodes des mâles montre l'homologie parfaite des côtes présentes sur la face interne de ces deux articles : chez tous les genres étudiés les côtes tergaux correspondent en effet à la saillie de l'angle tergal interne de l'article. L'étude précédente montre que l'évolution subie par ces côtes peut les conduire à présenter quatre aspects :

a. Ces côtes peuvent exister sans qu'il y ait coaptation : cas de *Scyphax* et *Armadilloniscus*, et cas de *Deto* pour la partie de l'endopodite faisant immédiatement suite à la coaptation.

b. Ces côtes peuvent entrer en coaptation : cas de *Deto*.

c. Ces côtes peuvent se souder : cas des côtes tergaux du basipodite d'*Halophiloscia*, homologues des côtes indépendantes des basipodites de *Scyphax*.

d. Ces côtes peuvent disparaître sur une partie de la longueur de l'article : cas de la côte tergale de l'endopodite d'*Armadilloniscus* et des *Embolophora* supérieurs.

La formation de la captation n'apparaît donc que comme l'une des multiples possibilités d'antagonisme des angles tergaux-internes des endopodites et des basipodites. Sa rareté (elle n'existe que chez *Deto*) parmi toute la multitude de genres appartenant aux *Embolophora* met bien en évidence le caractère fortuit de son apparition et souligne son analogie avec l'effet d'une mutation.

PHARMACODYNAMIE. — *Interprétation des différences de toxicité par les voies intramusculaire et intraveineuse.* Note de M^{lle} JEANNE LÉVY, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Les doses toxiques des poisons sont le plus souvent moindres par la voie intraveineuse que par les voies intramusculaire ou sous-cutanée. Si les différences observées avaient pour unique cause les variations des vitesses de résorption (les poisons injectés par la voie intraveineuse quittant rapidement le sang pour aller se fixer sur les différents organes, les poisons injectés par les voies sous-cutanée ou intramusculaire n'atteignant que progressivement les tissus après passage plus ou moins lent dans le sang), il serait possible d'établir une relation constante entre les doses toxiques déterminées par ces trois voies d'introduction. D'ailleurs les données de la littérature permettent, en ce qui concerne les substances relativement stables, de fixer les limites étroites de variation du rapport

$$R = \frac{\text{Toxicité déterminée par la voie intramusculaire}}{\text{Toxicité déterminée par la voie intraveineuse}}$$

D'après Sollman (1932), ce rapport varie de 3 à 3,3 chez le lapin et le chat pour la nicotine; il est égal à 2,5 chez le chien pour la picrotoxine et chez le chat pour la strychnine.

D'autre part les transformations des poisons, lorsqu'elles se produisent dans l'organisme, influencent considérablement le rapport R. En effet, si certains poisons ne subissent aucune transformation dans l'organisme et sont éliminés en nature, d'autres, par contre, peuvent, soit au lieu d'injection, s'ils sont administrés par une autre voie que la voie intraveineuse, soit dans le sang, soit au niveau des cellules sensibles, soit dans tout autre tissu ou organe, être l'objet de modifications importantes : ils peuvent se transformer exceptionnellement en un produit plus toxique qu'eux-mêmes ou donner naissance, suivant la conception classique, à un composé peu toxique.

Nous avons supposé que le rapport R des toxicités déterminées après introduction du poison dans l'organisme par différentes voies d'introduction, subit, suivant la nature du poison, des variations importantes susceptibles de renseigner en premier lieu sur leur destinée dans l'organisme et peut-être aussi sur le lieu des transformations qu'il subit. Chaque fois qu'un poison se transforme en un produit plus toxique que lui-même, les différences entre les doses toxiques déterminées par les voies intramusculaire ou intraveineuse s'amointrissent, au point que, dans certains cas, le rapport R deviendra inférieur à l'unité. Par contre, lorsque le poison subit des transformations qui ont pour effet de faire séjourner dans l'organisme un produit moins toxique que lui-même, le

rapport R croîtra; il devrait être d'autant plus élevé que les processus de transformation des poisons sont plus rapides.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons été amenée à déterminer sur différents poisons les doses toxiques après introduction des poisons dans l'organisme par les différentes voies. Les expériences ont été effectuées sur des animaux prélevés dans des élevages homogènes et conservés dans des conditions optima de température. Les déterminations des doses 50 % mortelles ont été faites soit directement, soit à partir de courbes de mortalité.

Les résultats ont été réunis en trois groupes distincts :

1° R inférieur à 1,5. — Se rangent dans ce groupe : la colchicine, qui se transforme chez les animaux à sang chaud en oxycolchicine plus toxique que la colchicine ($R=1$ chez la souris) ⁽¹⁾; le chloral, qui s'élimine, après combinaison, avec l'acide glycuronique, de l'alcool trichloréthylque, plus toxique que le chloral ($R=1,24$ chez la souris); le monométhylène sulfoxyde de diaminodihydroxyarsénobenzène (novarsénobenzol), qui, d'après Vœgtlin ⁽²⁾, se transforme en arsénosyde ($R=0,76$ chez la souris); le chlorhydrate d'hydroxy-4 amino-3 phényldichlorarsine (Fontarsol), qui, au contact de l'eau, fournit de l'arsénosyde ($R=0,93$ chez la souris).

2° R compris entre 2,5 et 4,5. — Parmi les poisons réunis dans ce groupe se rangent l'alcool ($R=2,7$ chez la souris) et le chlorhydrate acide de quinine ($R=4$ chez la souris), qui ne subissent dans l'organisme que des transformations lentes; l'adrénaline ($R=4,7$ chez la souris), qui peut se transformer sous l'influence des phénolases en adrénosine de même toxicité qu'elle-même ⁽³⁾.

3° R supérieur à 4. — Un certain nombre de poisons, qui sont transformés dans l'organisme en substances moins toxiques qu'eux-mêmes, se rangent dans ce groupe : l'acétylcholine, qui est hydrolysée dans le sang et les tissus par la cholinestérase ($R=100$ chez la souris conservée à 16° et $R=43$ chez la souris maintenue à 23°); la choline, qui, d'après Mann et Quastel et F. et M. N. C. Bernheim ⁽⁴⁾ est dégradée dans le foie en aldéhyde bêtaïque et en bêtaïne ($R=13,3$ chez la souris); l'atropine et l'hyoscyamine ⁽⁵⁾, qui subissent une hydrolyse sous l'influence de la tropanolestérase dans le foie de la souris ($R=6,4$ pour l'atropine et 10 pour l'hyoscyamine, qui s'hydrolyse plus rapidement que l'isomère racémique); la papavérine, qui se décompose dans le foie ⁽⁶⁾ ($R=9,3$ chez la souris); le benzoildiéthylaminoéthanol (scurocaïne), qui, d'après R. Hazard et J. Ravasse ⁽⁷⁾, s'hydrolyse dans le sang ($R=7,8$ chez la souris) et l'histamine, qui se décompose dans les tissus sous l'influence de l'histaminase ⁽⁸⁾ ($R=8,7$ à 33 chez le cobaye). Ajoutons que,

⁽¹⁾ M. TH. RÉGNIER, *Thèse de Doctorat en Médecine*, 1938.

⁽²⁾ *Journ. Americ. Med. Assoc.*, 79, 1922, pp. 421-422.

⁽³⁾ HEIRMAN, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, pp. 1250-1257; *Arch. intern. Physiol.*, 46, 1938, pp. 404-416.

⁽⁴⁾ MANN et QUASTEL, *Biochem. Journ.*, 31, 1937, pp. 869-878, et M. L. C. BERNHEIM, *Americ. Journ. Physiol.*, 121, 1938, pp. 55-60.

⁽⁵⁾ JEANNE LÉVY et E. MICHEL, *Bull. Soc. Chim. France*, 20 mars 1945; JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. Chim. France*, 6 mars 1945.

⁽⁶⁾ JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. Chim. France*, 20 mars 1945.

⁽⁷⁾ *C. R. Soc. Biol.*, janvier 1945.

⁽⁸⁾ FELDBERG et SCHILD, *Histamine*, Leipzig, 1930.

tandis que le rapport $R = 14$ chez les lapins qui possèdent de la tropanolestérase, il ne dépasse pas 2,8 chez les lapins qui n'en possèdent point.

Conclusions. — Le rapport des doses toxiques par les voies intramusculaire ou intraveineuse varie dans de très larges limites, 0,75 à 100, suivant la nature des poisons. Ce rapport est inférieur ou égal à l'unité pour des poisons qui se transforment en substances plus toxiques qu'eux-mêmes; il varie de 2 à 4 pour les poisons qui généralement s'éliminent en nature et dont le métabolisme est lent, ou encore qui se transforment en substances de même toxicité; il peut atteindre des valeurs très élevées (jusqu'à 100) et peut-être au delà pour des poisons qui se transforment en substances peu toxiques.

Ce rapport peut fournir des précisions sur la destinée des poisons dans l'organisme et le lieu de leur transformation.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 AVRIL 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **GEORGE D. BIRKHOFF**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Cambridge, Massachusetts, le 12 novembre 1944; de M. **WLADIMIR VERNADSKY**, Correspondant pour la Section de Minéralogie, survenu à Moscou, le 6 janvier 1945, et de M. **MAURICE ARTHUS**, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, survenu à Fribourg, Suisse, le 24 février 1945.

Sur la proposition de M. le **PRÉSIDENT**, l'Académie décide d'adresser à la **NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES**, de Washington, le message suivant :

« L'Académie des Sciences de l'Institut de France exprime à la National Academy of Sciences de Washington toute la tristesse qu'elle éprouve de la mort subite du Président Franklin Delano Roosevelt.

« Elle déplore pour l'humanité que, après avoir si efficacement contribué à assurer la victoire des peuples libres, le Président Roosevelt n'ait pas pu apporter le prestige et les ressources de sa puissante et sympathique personnalité à la solution des problèmes de la Paix. »

Notice nécrologique sur Sir JOSEPH LARMOR,
par M. **ARNAUD DENJOY**.

L'Académie a tardivement appris la mort, survenue le 19 mai 1942 à Hollywood (Irlande), de Sir **JOSEPH LARMOR**, Correspondant pour la Section de Géométrie. Son élection remontait au 15 mars 1920. Deux ans plus tôt, il avait reçu de notre Compagnie le prix Poncelet.

Larmor était né le 11 juillet 1857 à Magheragall, près de Lisburn, dans le comté d'Antrim en Irlande. Après de brillantes études achevées au Queen's College à Belfast, il se rendit au St John's College de Cambridge. Il y conquist en 1880 les lauriers du *Mathematical Tripos*, il triompha de J. J. Thomson dans les joutes des *wranglers* (controverseurs). Toutes ces épreuves sont célèbres dans l'Univers anglo-saxon, où elles comptent parmi les précieuses originalités

de la vieille institution académique. Larmor occupa ensuite pendant cinq ans une chaire à l'Université de Galway, dans son pays d'origine. Puis il revint à Cambridge où, de 1885 à 1932, il ne cessa plus d'enseigner. D'abord et longtemps lecteur, il remplaça Stokes en 1903, dans la chaire *lucasienne*, jadis illustrée par Newton. De 1911 à 1922, il représenta au Parlement l'Université de Cambridge. Entré en 1892 à la Royal Society de Londres, il en fut le Secrétaire de 1901 à 1912. Dès 1909 il reçut le titre de chevalier (*knighthood*). En 1932, quittant sa chaire, il se retira dans l'Irlande du Nord, où il mourut.

Correspondant de notre Académie pour sa Section de Géométrie, Larmor avait autant de titres, sinon plus, à son rattachement à la Section de Mécanique, et davantage encore à la Section de Physique.

Son œuvre de mathématicien concerne : en Géométrie, l'extension des propriétés focales des sections coniques, les caractéristiques dans un système optique asymétrique, les figures de diffraction et les surfaces caustiques ; pour l'Analyse, les transformations d'intégrales multiples étendues à des surfaces ou à des courbes. Mais le génie de Larmor était de tempérament mathématique, en ce sens que, rompant avec la tradition chère à l'école de Kelvin, de valider les théories physiques par la construction de modèles concrets, notre Correspondant chercha uniquement l'image de la nature matérielle dans les équations traduisant ses propriétés.

Larmor entendit fonder la dynamique et la physique sur le principe de la moindre action. Il donne même cette affirmation pour titre à sa première Note scientifique. Rééditant le livre de Maxwell, *Matière et mouvement*, les œuvres de lord Kelvin ou celles de Stokes, il les complète de Notes personnelles, relatives à la dynamique dans l'éther ou à la thermodynamique, mais toujours rattachant leur inspiration au même principe. Par ses profondes analyses des conceptions de l'ancienne physique, Larmor frayait les voies à la nouvelle.

L'œuvre capitale de Larmor est son grand Mémoire *Théorie dynamique du milieu support de l'électricité et de la lumière* (*A dynamical theory of the electric and luminiferous medium*), paru en trois parties (de 1894 à 1897), puis regroupé en 1900 dans un livre *Éther et Matière* (*Aether and Matter*), dont Lamb disait plaisamment qu'il eût été mieux intitulé *Éther et pas de Matière*.

Ce livre a rencontré une faveur immense auprès de la jeunesse étudiante se destinant à la Physique. On ne saurait exagérer l'influence qu'il a exercée dans le monde scientifique. Larmor y traite essentiellement des relations dynamiques de l'éther avec les systèmes matériels constitués d'atomes ; il étudie aussi l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes optiques. Il montre que les équations admises pour exprimer les propriétés de l'éther s'accordent avec la théorie électromagnétique de Maxwell et suggère, dès 1895, que les électrons (dont la découverte expérimentale devait se faire attendre encore deux ans), pouvaient devoir uniquement leur masse à leur charge électrique. Il assimile la distinction des électrons en négatifs et positifs à celle des deux sortes

de vis, tournant quand elles s'enfoncent, les unes vers la droite, les autres vers la gauche. En 1929, Larmor réunit en deux gros volumes la majeure partie de ses différents travaux. « Environ la moitié de cet ouvrage », dit-il dans la préface du premier tome, « est de l'électricité; l'autre moitié, étant surtout de la dynamique générale et de la thermodynamique, englobe l'histoire dynamique de la Terre, l'optique formelle et la géométrie ».

L'œuvre de Larmor s'est poursuivie parallèlement et concurremment à celle de Lorentz. La transformation de Lorentz, prise par Einstein pour base de sa théorie de la relativité (en 1905), avait été légitimée par son auteur, en la réduisant aux termes contenant la vitesse à la première puissance au plus. Larmor démontra l'exactitude des termes carrés, précision largement suffisante à l'égard des expériences qualifiées alors de *cruciales*. Lorentz n'acheva que plus tard de valider entièrement ses formules.

Larmor sut considérer le courant électrique comme un mouvement d'électrons, le courant de déplacement comme une polarisation de l'éther, une polarisation des atomes. Il donna la formule $\frac{2}{3} e^2 f/c$ de la radiation d'une charge e présentant une accélération f . Il prouva la précession des orbites des électrons dans un champ magnétique H avec la vitesse angulaire $\frac{1}{2} e H/mc$. Il obtenait par là une explication anticipée de l'effet Zeeman.

Larmor a beaucoup insisté sur l'importance de la thermodynamique. Aussi vouait-il une admiration passionnée à l'œuvre de Gibbs.

Larmor était, dit-on, un homme simple et modeste, d'une haute probité de pensée commandant l'estime et le respect. Pénétré du sentiment de notre dette envers l'œuvre du passé, il réprouvait néanmoins qu'un culte aveugle à l'égard de splendeurs périmées pût entraver les progrès de la Science. Selon les paroles d'Eddington, « le rôle de Larmor fut de rendre un éclat aux ombres expirantes de l'ancienne Physique pour préparer à la nouvelle son avènement ».

MICROBIOLOGIE. — *Sur les propriétés diastasiques, bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques des filtrats de culture du Bacille subtilis*. Note de MM. GASTON RAMON, RÉMY RICHOU et PAUL RAMON.

Nous avons fait connaître antérieurement dans une série de Notes (¹), les résultats de nos investigations concernant les ferments et en particulier les diastases que renferment les filtrats (à travers les bougies de porcelaine) de culture de différents microbes tels que le *Bacille subtilis*. Cependant, non seulement les filtrats, comme les cultures elles-mêmes de ces germes, peuvent faire preuve de propriétés diastasiques, gélatinolytiques, amylolytiques etc., mais encore nombre d'entre eux sont capables de manifester des propriétés antagonistes à l'égard d'autres germes (²).

(¹) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 562; 218, 1944, p. 253.

(²) C'est Pasteur qui, le premier, constata l'antagonisme entre certains germes micro-

Après avoir réussi à obtenir ⁽³⁾ à partir de milieux appropriés des filtrats du *B. subtilis*, relativement riches en protéase (gélatinase), nous avons étudié, d'une part leur pouvoir gélatinolytique, d'autre part leurs propriétés bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques. Disons-le tout de suite, nos filtrats se sont montrés particulièrement actifs vis-à-vis du bacille diphtérique, du bacille de Preisz-Nocard, de la bactériodie charbonneuse, du coccobacille de la pseudo-tuberculose etc.; aussi pour éprouver leurs propriétés antagonistes, avons-nous eu recours à ces différentes bactéries.

Pour juger du *pouvoir gélatinolytique*, nous nous sommes servis de notre technique habituelle qui consiste à déterminer qu'elle est la plus petite dose de filtrat capable d'amener en l'espace de 4 heures à la température de 45°, la gélatinolyse de 1^{cm³} de gélatine à 3 %. Cette dose représente l'unité gélatinolytique. Le pouvoir gélatinolytique des filtrats de *B. subtilis*, que nous préparons, varie de 300 à 10 000 unités, suivant les milieux de cultures utilisés.

La détermination du *pouvoir bactériostatique* est effectuée de la façon suivante : on prépare dans des tubes à essai de petit calibre, des mélanges renfermant des quantités variables du filtrat (2, 1, 0,5, 0,25, 0,1 cm³ etc.) dont on veut éprouver le pouvoir bactériostatique, et un volume fixe (4^{cm³}) de bouillon nutritif spécialement adapté ⁽⁴⁾ à la végétation de la bactérie d'épreuve (b. diphtérique, bactériodie charbonneuse, b. de la pseudo-tuberculose etc.). On ajoute ensuite dans chacun de ces mélanges, ainsi que dans 2 tubes renfermant, l'un 4^{cm³} de filtrat, l'autre 4^{cm³} de bouillon, 1/10 de centimètre cube d'une culture de 24 heures en milieu liquide de la bactérie d'épreuve. On constate la présence ou l'absence de végétation microbienne après 24 heures ou mieux 48 heures de séjour à l'étuve, ce dernier délai nous paraissant nécessaire pour les germes à végétation lente (b. diphtérique). Voici, à titre d'exemple, le schéma de l'une de nos expériences. Le filtrat utilisé avait un titre gélatinolytique assez élevé (5000 unités gélatinolytiques).

biens et qui, emporté par son imagination féconde jusqu'aux hypothèses les plus hardies, eut l'intuition que cet antagonisme pourrait être utilisé en thérapeutique. Dans la suite, l'antagonisme microbien fut étudié de différents points de vue par Bouchard et Charrin, par Metchnikoff et ses élèves, par Maurice Nicolle, par Fortineau, par Rosenthal, par Gratia et ses collaborateurs etc. et, plus près de nous, par Fleming, Dubos etc. C'est Fortineau, de Nantes qui, en 1910 (*Ann. Inst. Pasteur*, 24, 1910, p. 955), réalisa la première application thérapeutique, par l'emploi de la pyocyanase, dans le traitement du charbon chez l'homme. On connaît la fortune actuelle en thérapeutique de la *Pénicilline* de Fleming et de la *Gramicidine* de Dubos.

(3) G. RAMON, R. RICHOU et P. RAMON, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 341.

(4) Notre bouillon à base de digestion papaïnique de viande convient particulièrement bien pour la culture de nombreuses bactéries (G. RAMON, M^{lle} GERMAINE AMOUREUX et J. POCHON, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 836). Voir également *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1502.

Tube							Végétation après	
							24 h.	48 h.
1...	4 ^{cm³}	filtrat	+	1/10 cm³	cult. bact. charbonneuse	.....	—	—
2...	2	»	+	4	» bouillon + 1/10 cm³ cult. bact. charb...	.....	—	—
3...	1	»	+	4	» » + »	.....	—	—
4...	1/2	»	+	4	» » + »	.....	+	+
5...	1/4	»	+	4	» » + »	.....	+	+
6...	1/10	»	+	4	» » + »	.....	+	+
7...	4	bouillon					+	+
8...	4 ^{cm³}	filtrat	+	1/10 cm³	cult. Bacille diphtérique (Am.)	.....	—	—
9...	2	»	+	4	» bouillon + 1/10 cm³ cult. b. dipht.	.....	—	—
10...	1	»	+	4	» » + »	.....	—	—
11...	1/2	»	+	4	» » + »	.....	—	—
12...	1/4	»	+	4	» » + »	.....	—?	+
13...	1/10	»	+	4	» » + »	.....	+	+
14...	4	bouillon					+	+

Ainsi 1^{cm³} de filtrat de *B. subtilis* ajouté à 4^{cm³} de bouillon est capable d'inhiber totalement la croissance de la bactérie charbonneuse qu'on y sème. De même 1/2 cm³ de ce même filtrat, mélangé à 4^{cm³} de bouillon, empêche totalement la multiplication du bacille diphtérique.

Pour apprécier le *pouvoir bactéricide* de nos filtrats, nous prélevons, après 3 jours, par exemple, d'exposition à la température de l'étuve, 1/2 cm³ de chacun des mélanges constitués dans l'essai précédent ayant servi à l'évaluation du pouvoir bactériostatique, et nous l'ajoutons dans des tubes renfermant 4^{cm³} de bouillon nutritif. On examine les mélanges après 24 heures et 48 heures d'étuve (37°). Nous avons consigné, ci-après, les résultats concernant un essai de dosage du pouvoir bactéricide vis-à-vis du bacille diphtérique.

				Végétation après	
				24 h.	48 h.
Mélange renfermant 4 ^{cm³} de bouillon et 0 ^{cm³} , 5 du mélange	n°	8 de l'essai précédent	.....	—	—
	9	»	.....	—	—
	10	»	.....	—	—
	11	»	.....	—	—
	12	»	.....	+	+
	13	»	.....	+	+
	14	»	.....	+	+

Il suffit donc, d'après cet essai, de 1/2 cm³ de filtrat ajouté à 4^{cm³} de bouillon pour détruire entièrement la vitalité des germes diphtériques qui y ont été semés. Cette épreuve est particulièrement rigoureuse. On aurait pu ensemen-
cer non pas du bouillon, mais des tubes de sérum coagulé et faire sur ce dernier la numération comparative des colonies, mais cette façon de faire indiquerait le pouvoir bactéricide relatif et non le pouvoir bactéricide absolu.

Enfin, pour nous rendre compte du *pouvoir bactériolytique* de nos filtrats, nous avons adopté le procédé suivant : on prépare des tubes renfermant, sous

le volume fixe de 2 cm^3 , des quantités variables de filtrat et d'eau physiologique. On ajoute dans tous ces tubes $1/2\text{ cm}^3$ d'une culture de 24 heures du germe d'épreuve (b. de la pseudo-tuberculose, bactéridie charbonneuse par exemple). La lyse est constatée après un séjour de 72 heures à l'étuve à 37° , en prenant comme test l'éclaircissement total des mélanges.

Exemple :

Exemple 1.										Lyse après 3 jours.
a.	2 ^{cm³}	filtrat	+	0 ^{cm³}	eau physiol.	+	0 ^{cm³} ,5	cult. pseudo-tuberculose....	+	
	1,5	»	+	0,5	»	+	»	»	....	+
	1	»	+	1	»	+	»	»	....	+
	0,5	»	+	1,5	»	+	»	»	....	—
	0	»	+	2	»	+	»	»	....	—
b.	2	»	+	0	»	+	0 ^{cm³} ,5	cult. bactéridie charb.....	+	
	1,5	»	+	0,5	»	+	»	»	.....	+
	1	»	+	1	»	+	»	»	.....	+
	0,5	»	+	1,5	»	+	»	»	.....	+
	0	»	+	2	»	+	»	»	.....	—

On peut, d'autre part, s'assurer que la lyse est bien totale et qu'il ne reste plus de germes vivants en utilisant, à partir des mélanges précédents, la technique employée pour l'appréciation du pouvoir bactéricide.

De nombreuses expériences que nous avons effectuées avec différents échantillons de filtrats de *B. subtilis*, il ressort qu'en règle générale, il y a un certain rapport entre leur pouvoir gélatinolytique et leurs propriétés antagonistes à l'égard des bactéries d'épreuve que nous avons utilisées, sans que ce rapport soit mathématique. Il semble que le pouvoir gélatinolytique et les propriétés antagonistes se développent suivant des courbes sensiblement superposables au cours de la culture du *B. subtilis*.

Ce qu'il faut retenir de l'ensemble de notre expérimentation à ce jour, c'est que les filtrats de culture de *B. subtilis* obtenus comme nous l'avons indiqué antérieurement (³), et qui présentent un pouvoir gélatinolytique relativement élevé, possèdent des propriétés bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques manifestes et de plus ou moins grande valeur, à l'égard de bactéries pathogènes comme le b. diphtérique, le b. de Preisz-Nocard, la bactéridie charbonneuse, le b. de la pseudo-tuberculose, le b. dysentérique (Shiga) etc. Des résultats acquis dès maintenant, on peut en outre tirer des déductions théoriques et des conséquences pratiques. En ce qui concerne plus spécialement ces dernières, nous cherchons à extraire sous une forme concentrée et purifiée, le principe actif de nos filtrats. Avec cette *Subtiline*, comme nous l'avons appelée, des essais pourront être entrepris en vue de son application éventuelle au traitement de différentes maladies de l'homme et des animaux domestiques.

M. ALBERT PÉRARD s'exprime en ces termes :

En ma qualité de Président par intérim du Comité Technique des Instruments de Mesure, au Ministère de la Production Industrielle, j'ai l'honneur de remettre, en hommage à l'Académie des Sciences, un exemplaire spécial du *Rapport sur la Révision des étalons des Bureaux de vérification des Poids et Mesures, en 1930-1935*. Cet ouvrage relate les opérations scientifiques et administratives qui ont été accomplies à cette occasion par les Ingénieurs des Poids et Mesures sous la direction d'une commission présidée par Paul Painlevé, puis par M. Aimé Cotton, et sous la surveillance effective de Jules Lemoine, de M. G. Bruhat et de moi-même.

Aux étalons anciens ont été substitués de nouveaux étalons qui constituent en fait des instruments de vérification répondant à toutes les exigences de la technique moderne. Cet outillage de premier ordre redonne à la France le rang éminent qu'elle occupait lors de la création du Système métrique et qui résulte en grande partie des travaux de l'Académie des Sciences pour l'établissement de nouvelles unités. En assurant d'autre part la surveillance de la fabrication des étalons de vérification, dont elle fut chargée par décret du 1^{er} août 1793, notre Compagnie écrit, par surcroît, le premier chapitre d'une histoire dont le présent rapport constitue provisoirement le dernier.

NOMINATIONS.

M. LÉON BINET est désigné pour faire une *Lecture* dans la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1945.

L'ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES MÉDICALES, à Bâle, invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter à la *Semaine médicale franco-suisse*, qui sera organisée cet automne, à Genève.

M. ROBERT COURRIER est désigné.

CORRESPONDANCE.

La SOCIÉTÉ D'ÉMULATION DU BOURBONNAIS adresse le texte du discours prononcé en son nom par M. MARCEL GENERMONT, à Moulins-sur-Allier, le 8 avril 1945, pour la remise en place du monument élevé en 1911 à la mémoire d'*Aimé Laussedat*, Membre libre de l'Académie.

Le SERVICE AMÉRICAIN D'INFORMATION adresse à l'Académie une collection de *papiers dactylographiés et d'imprimés*, exposant les travaux scientifiques faits en Amérique pendant ces dernières années.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° LOUIS EMBERGER. *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Éléments de paléobotanique et de morphologie comparée)*. Préface de M. PAUL BERTRAND.

2° JEAN DELORME. *Le présent et l'avenir des matières plastiques*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les configurations harmoniques*.

Note de M. GASTON BENNETON, présentée par M. Paul Montel.

Nous appelons *configuration* n_p un ensemble de n points et de n plans tels que chaque plan contient p points et que, par chaque point, passent p plans de l'ensemble. La configuration sera dite *harmonique* si elle est autopolaire par rapport à une quadrique propre.

Les configurations les plus remarquables de l'espace à trois dimensions sont harmoniques : les tétraèdres de Möbius, les tétraèdres desmiques ⁽¹⁾; la configuration de Kummer, la configuration de Klein. Nous allons montrer que l'étude de leurs principales propriétés projectives se ramène à des questions algébriques et plus spécialement *arithmétiques* de la théorie des quaternions.

1° Définissons la quadrique de base par son équation réduite

$$x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = 0,$$

par rapport à un tétraèdre de référence conjugué \mathcal{E} . Tout point A, de coordonnées x_0, y_0, z_0, t_0 , et son plan polaire (de mêmes coordonnées) constituent une configuration 1_0 ou 1_1 , que nous appelons *élément* A. Nous lui associons le quaternion

$$A = x_0 + y_0 i + z_0 j + t_0 k,$$

désigné par la même lettre A. Cette notation permet de définir le produit de deux points (ou plans, ou éléments) par la multiplication des quaternions correspondants.

Pour que deux éléments A et B soient en incidence (chaque plan de l'un passant par le point de l'autre), il faut et il suffit que les quaternions A et B soient orthogonaux, c'est-à-dire que le produit de l'un par le conjugué de l'autre ait une partie scalaire nulle :

$$\text{partie scalaire de } A\bar{B} = 0.$$

La recherche d'une configuration harmonique n_p équivaut donc à celle d'un tableau d'orthogonalité de n quaternions dont chacun est orthogonal à p autres (ou à $p - 1$ autres et à lui-même).

Il en résulte aussi un procédé de multiplication (à droite ou à gauche) des configurations harmoniques par la multiplication de leurs quaternions respectifs : étant données deux configurations m_p et n_q , autopolaires par rapport à une

(1) Seuls étudiés dans la présente Note.

même quadrique, il est *généralement* possible d'en déduire une configuration harmonique mn_{p+q} correspondant à la multiplication du nombre des éléments et à l'addition du nombre des incidences.

2° Le cas le plus simple est celui des configurations harmoniques 4_3 , comprenant notamment les tétraèdres conjugués par rapport à la quadrique de base.

Il y a d'abord le tétraèdre de référence \mathfrak{T} ou $1, i, j, k$, que laisse invariant le groupe des permutations et changements de signe des coordonnées. Tout autre tétraèdre conjugué s'en déduit par une transformation linéaire orthogonale et peut s'écrire, quel que soit l'ordre de ses éléments,

$$PQ, PiQ, PjQ, PkQ,$$

P et Q désignant deux quaternions de norme non nulle.

D'une manière analogue, les huit points associés d'un réseau ponctuel de quadriques, sommets de deux tétraèdres conjugués par rapport à une même quadrique, peuvent être représentés, quel que soit leur ordre, par la formule

$$P, Pi, Pj, Pk, Q, iQ, jQ, kQ,$$

comprenant quatre quaternions associés à gauche, et quatre associés à droite.

3° Deux tétraèdres de Möbius, mutuellement inscrits et circonscrits, forment une configuration harmonique 8_4 . En choisissant convenablement le système de coordonnées, on peut leur donner l'expression canonique

$$1, i, j, k; V, iV, jV, kV,$$

ou encore, par abréviation, $\mathfrak{T}, \mathfrak{T}V$, en désignant par V un vecteur (quaternion dont la partie scalaire est nulle).

En particulier, lorsque V a seulement deux composantes non nulles, les tétraèdres \mathfrak{T} et $\mathfrak{T}V$ ont deux couples d'arêtes colinéaires; leurs éléments constituent deux divisions et deux faisceaux harmoniques. Ces tétraèdres seront dits *en liaison harmonique*.

4° Deux tétraèdres *desmiques* (une arête quelconque de l'un coupe deux arêtes opposées de l'autre) constituent une configuration harmonique 8_3 et peuvent être mis sous la forme canonique

$$\mathfrak{T}, \mathfrak{T}\rho \quad (\rho = 1 + i + j + k).$$

Le tétraèdre $\mathfrak{T}\bar{\rho}$ détermine avec eux un groupe cyclique de trois tétraèdres mutuellement desmiques. Leurs douze éléments correspondent précisément aux douze unités de l'arithmétique de Hurwitz

$$1, i, j, k, \frac{1}{2}(1 \pm i \pm j \pm k),$$

quaternions de norme 1, dont les composantes sont des entiers ou des moitiés de nombres impairs.

Les douze éléments $J \pm J'$, somme ou différence de deux unités distinctes choisies entre i, j, k , représentent aussi un système desmique de trois tétraèdres. Avec les précédents, ils constituent une configuration harmonique 24_6 , ensemble de six tétraèdres dont chacun est desmique avec deux autres et en liaison harmonique avec les trois derniers.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelle démonstration d'un théorème de M. Ostrowski.* Note de M^{lle} JACQUELINE FERRAND, présentée par M. Paul Montel.

Soit Δ un domaine simplement connexe décrit par la variable $\zeta = \rho e^{i\psi}$, que l'on représente conformément sur le demi-plan droit D de la variable z par les fonctions $z = \varphi(\zeta)$, $\zeta = f(z)$. On suppose que les points frontières $z = \infty$, $z = 0$ de D correspondent à des bouts premiers de Δ contenant chacun un point accessible, $\alpha = \infty$ pour le premier, $\beta = 0$ pour le second. Nous étudions la correspondance au voisinage de α .

La méthode des familles normales de M. P. Montel nous a permis ⁽¹⁾ de donner une démonstration simple des conditions de semi-conformité trouvées par M. Ostrowski ⁽²⁾. Elle va nous permettre de démontrer aussi le *premier théorème sur les plis* ⁽³⁾, à condition de généraliser la notion de continuité uniforme, pour pouvoir l'étendre à la frontière du domaine de définition.

Définitions. — Appelons *coupure* d'un domaine tout arc simple de Jordan, fermé ou non, le partageant en deux domaines simplement connexes.

En généralisant légèrement la construction d'Ostrowski nous appellerons *noyau* du domaine Δ le domaine engendré par l'ensemble des coupures circulaires centrées à l'origine et séparant $\alpha = \infty$ de $\beta = 0$. Les domaines restants seront appelés *plis*. Si un point ζ appartient au noyau, nous poserons $\rho(\zeta) = |\zeta|$. Si ζ appartient à un pli F , $\rho(\zeta)$ sera le rayon de la coupure circulaire séparant ce pli du reste du domaine. Nous appellerons *pseudo-module* la quantité ainsi définie. Cette définition s'étend aux bouts premiers de Δ .

Démonstration. — Posons $s = \log z = u + iv$; la fonction $F(s) = f(e^s)$ représente Δ sur la bande $\Omega(|v| < \pi/2)$.

Si l'on projette $f(z)$ sur la sphère de Riemann tangente en $\beta = 0$ au plan ζ , et si l'on désigne par $\lambda(t, s_0)$ la longueur sphérique de la courbe décrite par $f(z)$ lorsque z décrit la portion du cercle $|s - s_0| = t$ intérieure à Ω , une méthode déjà employée ⁽⁴⁾ montre que

$$\int_0^\infty \lambda^2(t, s_0) \frac{dt}{t} \leq 8\pi^2.$$

On en déduit que, si deux points s', s'' de Ω ou de sa frontière sont distants de moins de $\varepsilon < 1$, leurs images ζ', ζ'' dans Δ peuvent être séparées à la fois de α et β par une même coupure, de longueur sphérique inférieure à $\eta = 4\pi[\log 1/\varepsilon]^{-\frac{1}{2}}$.

⁽¹⁾ J. FERRAND, *Ann. École Norm. sup.*, 59, 1942, pp. 80-81.

⁽²⁾ A. OSTROWSKI, *Prace Matematyczno Fizyczne*, 44, 1936, § 29.

⁽³⁾ *Ibid.*, § 34.

⁽⁴⁾ J. FERRAND, *Bull. Soc. Math. France*, 72, 1934, pp. 178-192.

Posons

$$F_r(s) = f_r(e^s) = \frac{f(re^s)}{|f(r)|} = \frac{F(s + \log r)}{|f(r)|}.$$

Cette fonction représente Ω sur le domaine Δ_R , homothétique de Δ dans le rapport $1/R = 1/|f(r)|$. Dans un rectangle fixe $|u| < L$, $|\nu| < \pi/2$, la suite $F_r(s)$ possède une sorte de continuité uniforme, car le raisonnement précédent s'applique à Δ_R . On se ramène à une continuité uniforme ordinaire par la considération du pseudo-module dans Δ_R : $\rho_R(\zeta) = \rho(R\zeta)/R$; car ou bien les deux éléments $\zeta' = F_r(s')$, $\zeta'' = F_r(s'')$ appartiennent à un même pli et $\rho_R(\zeta') = \rho_R(\zeta'')$, ou bien toute coupure les séparant à la fois de α et β rencontre les deux circonférences $|\zeta| = \rho_R(\zeta')$, $|\zeta| = \rho_R(\zeta'')$, et sa longueur sphérique est supérieure à

$$\left| \int_{\rho_R(\zeta')}^{\rho_R(\zeta'')} \frac{d\rho}{1 + \rho^2} \right| = |\arctan \rho_R(\zeta') - \arctan \rho_R(\zeta'')|.$$

Donc les fonctions $\arctan \rho_R[F_r(s)]$ sont uniformément et également continues dans le rectangle, frontière comprise. Mais, si la représentation de Δ sur D est semi-conforme à l'infini, pour $|\nu| < \pi/2 - \varepsilon$ ($\varepsilon > 0$), $F_r(u + i\nu)$ converge uniformément vers $e^{u+i\nu}$, donc $\rho_R[F_r(u + i\nu)] \rightarrow e^u$ lorsque $r \rightarrow \infty$. Par continuité ceci reste vrai sur la frontière du rectangle, et l'on voit que

$$\frac{\rho[f(re^{i\nu})]}{|f(r)|} \rightarrow 1 \quad \text{lorsque } r \rightarrow \infty \left(|\nu| \leq \frac{\pi}{2} \right).$$

En raison de la semi-conformité, on en déduit que

$$\frac{\varphi[\rho(\zeta)]}{|\varphi(\zeta)|} \rightarrow 1 \quad \text{lorsque } \zeta \rightarrow \alpha,$$

ce qu'on aurait pu démontrer aussi directement.

C. Q. F. D.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *La généralisation des transformations de Lorentz et les équations d'ondes d'un système.* Note de M. SERGE SLANSKY.

Étant donné un système formé de corpuscules dont chacun obéit à une équation d'ondes de la forme

$$(1) \quad a_0 \frac{\partial}{\partial ct} \psi = \left(\sum_{\mu} a_{\mu} \frac{\partial}{\partial x_{\mu}} + b \right) \psi$$

lorsqu'il n'y a pas d'interaction, on peut prendre comme équation d'ondes du système

$$(2) \quad A_0 \frac{\partial}{\partial ct} \Psi = \sum_i \left(\sum_{\mu} a_{\mu}^{(i)} \frac{\partial}{\partial x_{\mu}^{(i)}} + b^{(i)} \right) \Psi,$$

A_0 étant le produit des $a_0^{(i)}$ des différents corpuscules. Pour un système formé de corpuscules de spin $1/2$, on obtient ainsi deux expressions différentes de

l'équation d'ondes (2) suivant que l'on prend pour chaque corpuscule a_0 égal à 1 ou à α_4 .

Pour montrer l'invariance relativiste de l'équation d'ondes d'un système, M. Destouches a proposé une généralisation de la transformation de Lorentz, dont nous rappelons l'expression infinitésimale

$$x_{\mu}^{(i)} = x_{\mu}'^{(i)} + \varepsilon \alpha^{(i)} ct'; \quad ct = ct' + \varepsilon \sum \alpha^{(i)} x_{\mu}'^{(i)},$$

et il a montré que les conditions d'invariance requises étaient réalisées en prenant ⁽¹⁾ :

1° dans le cas $a_0 = 1$,

$$\alpha^{(i)} = \prod_{j \neq i} \alpha_3^{(j)};$$

2° dans le cas $a_0 = \alpha_4$,

$$\alpha^{(i)} = \prod_{j \neq i} \alpha_4^{(j)}.$$

La première expression des $\alpha^{(i)}$ ne nous paraît pas satisfaisante en ce qui concerne le raccordement avec la théorie non relativiste, car il faudrait pouvoir confondre chacun des $\alpha^{(i)}$ avec l'unité dans le cas où l'approximation non relativiste est valable. Or cette condition n'est pas réalisée ici. De plus, si l'onde Ψ est un produit d'ondes planes monochromatiques, l'opérateur $\alpha^{(i)} ct$, qui devrait jouer le rôle d'un temps attaché au $i^{\text{ème}}$ corpuscule, a une valeur moyenne nulle.

Par contre, si nous considérons la seconde expression (correspondant à $a_0 = \alpha_4$), la condition de raccordement est bien satisfaite, car on sait que dans l'approximation non relativiste l'opérateur α_4 se comporte comme l'unité, de sorte que l'on retrouve la transformation

$$x_{\mu}^{(i)} = x_{\mu}'^{(i)} + vt.$$

En outre, nous trouvons que, dans le cas où Ψ est un produit d'ondes planes monochromatiques, l'opérateur $A_0 \alpha^{(i)} ct$ a pour valeur moyenne $ct \sqrt{1 - (v_i^2/c^2)}$, v_i désignant la vitesse du $i^{\text{ème}}$ corpuscule. On peut donc considérer que $A_0 \alpha^{(i)} ct$ correspond au temps propre du $i^{\text{ème}}$ corpuscule.

Nous remarquons aussi que, comme on a ici $\mathcal{E}_{\mu} = \Sigma \mathcal{E}_{\mu}^{(i)}$, si l'onde Ψ est un produit d'ondes ψ_i correspondant aux divers corpuscules considérés isolément, sa transformée Ψ' , lorsqu'on passe d'un observateur à un autre, peut s'obtenir en faisant le produit des transformées des ψ_i .

Pour un seul corpuscule les deux représentations correspondant à $a_0 = 1$ (Dirac) et à $a_0 = \alpha_4$ (Neumann) sont équivalentes, mais il n'en est plus de

(1) J.-L. DESTOUCHES, *Journal de Phys.*, 7^e série, 8, 1937, pp. 150-151.

même des équations qu'on en déduit pour un système. Les résultats que nous venons d'obtenir semblent indiquer que, pour passer de l'équation d'ondes d'un corpuscule à celle d'un système, il est préférable de partir, non de l'équation de Dirac (avec $a_0 = 1$), mais de l'équation obtenue en multipliant à gauche par α_k .

En ce qui concerne l'opérateur d'interaction de deux corpuscules, la forme indiquée dans une précédente Note ⁽²⁾ pour le cas $a_0 = 1$ devrait être ici modifiée, car les conditions d'invariance ne sont plus les mêmes. Nous trouvons que l'on peut prendre

$$R = \left[1 + \vec{\alpha}^{(1)} \vec{\alpha}^{(2)} - \frac{16\pi^2}{h^2} (\vec{S}^{(1)} \vec{S}^{(2)} + S_k^{(1)} S_k^{(2)}) \right] (1 + \alpha_k^{(1)} \alpha_k^{(2)}),$$

$\vec{S}^{(1)}$ et $\vec{S}^{(2)}$ étant les spins des deux corpuscules, et S_k désignant l'opérateur $(\hbar/4\pi) i \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$. En fait, cette nouvelle expression est équivalente à celle trouvée précédemment.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une nouvelle preuve du caractère essentiel de l'indéterminisme quantique.* Note ⁽¹⁾ de M^{me} **PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER**.

1. M. von Neumann a fourni autrefois une première preuve du caractère essentiel de l'indéterminisme quantique, fondée sur la considération d'une assemblée de systèmes et sur la remarque, que, s'il y a déterminisme caché, dans les cas purs les écarts types sont nuls. Or on sait que cette condition n'est pas réalisée en mécanique ondulatoire. Nous voulons donner ici une autre preuve du caractère essentiel de l'indéterminisme quantique, fondée sur la considération de grandeurs non simultanément mesurables, et qui ne fait intervenir qu'un seul système.

2. Une théorie physique a pour but principal de fournir des prévisions pour les résultats de mesures ultérieures à partir de mesures initiales. Ces prévisions se calculent suivant un formalisme construit selon la méthode de la théorie générale des prévisions ⁽²⁾.

Dans une théorie Th (définie à une équivalence près), nous dirons qu'une propriété a lieu *en fait* si elle est vérifiable directement par l'expérience; nous dirons qu'elle a lieu en droit, relativement à un formalisme de calcul des prévisions, si elle a lieu en vertu des règles de ce formalisme; nous dirons qu'une propriété a lieu *en droit* d'une manière objective, si elle a lieu quel que soit le formalisme de calcul des prévisions qu'on peut utiliser dans la théorie Th.

⁽²⁾ J.-L. DESTOUCHES et S. SLANSKY, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 472.

⁽¹⁾ Séance du 5 mars 1945.

⁽²⁾ JEAN-LOUIS DESTOUCHES, *Corpuscules et systèmes de corpuscules*, 1, Chap. V, Paris, 1941; *Principes fondamentaux de Physique théorique*, 2, Chap. VII, Paris, 1942.

Une théorie sera dite à *déterminisme apparent* s'il y a déterminisme en fait, sera dite à *déterminisme caché* s'il y a déterminisme en droit sans qu'il y ait déterminisme en fait; une théorie sera dite *essentiellement indéterministe* s'il y a indéterminisme en droit et non seulement en fait.

3. On démontre alors sans difficulté ce lemme :

LEMME 1. — *Si une théorie est déterministe en droit, toutes les grandeurs sont en droit simultanément mesurables (mais peut-être pas en fait). En outre il existe (en droit) une grandeur d'état, et la connaissance de l'état d'un système à un instant suffit à en déterminer l'état à tous les instants.*

De ce lemme il résulte par conversion :

COROLLAIRE. — *S'il existe une paire de grandeurs non simultanément mesurables en droit, il y a indéterminisme essentiel.*

C'est cette propriété qui nous servira de critère pour mettre en évidence un indéterminisme essentiel. Mais il faut auparavant en montrer le caractère objectif.

4. En considérant deux formalismes F_1 et F_2 pour le calcul des prévisions dans une théorie Th , qui devront donner les mêmes valeurs pour les différentes probabilités calculées, on constate que les grandeurs non simultanément mesurables en droit relativement au formalisme F_1 sont aussi non simultanément mesurables en droit relativement au formalisme F_2 . En effet, à chaque résultat de mesure d'une grandeur correspond une multiplicité linéaire dans un certain espace abstrait⁽³⁾, et l'intersection de deux telles multiplicités correspondant à des grandeurs non simultanément mesurables se réduit au point O , tandis que cette intersection est constituée par une multiplicité linéaire à au moins une dimension si les grandeurs sont en droit simultanément mesurables relativement au formalisme considéré. Si, dans un formalisme une telle intersection se réduit au point O et au contraire constitue une multiplicité correspondant à un résultat de la mesure simultanée des deux grandeurs dans un autre formalisme, les prévisions ne peuvent pas être identiques et les formalismes ne sont pas physiquement équivalents et ne peuvent pas correspondre à la même théorie; d'où ce lemme :

LEMME 2. — *Si deux grandeurs sont non simultanément mesurables en droit relativement à un formalisme F de calcul des prévisions, elles sont non simultanément mesurables en droit d'une manière objective.*

Ce lemme entraîne le corollaire :

COROLLAIRE. — *Si, dans une théorie Th , sur un formalisme de calcul des prévisions, on peut montrer que deux grandeurs sont en droit non simultanément mesurables relativement à ce formalisme, cela suffit pour l'établir d'une manière objective, et par suite pour établir le caractère essentiel de l'indéterminisme de la théorie considérée.*

(³) P. DESTOUCHES-FÉVRIER, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 481.

Pour que deux grandeurs ne soient pas simultanément mesurables en droit relativement à un formalisme, il suffit qu'il n'y ait pas, dans ce formalisme, d'élément propre associé à la fois à un résultat de mesure quelconque de l'une des grandeurs et à un résultat quelconque de l'autre; ceci est réalisé si les opérateurs associés aux deux grandeurs considérées ne commutent pas. D'où finalement ce critère :

THÉOREME. — *Si, dans un formalisme de calcul des prévisions pour une théorie Th , il existe deux grandeurs telles que les opérateurs associés à ces grandeurs ne commutent pas, la théorie considérée est essentiellement indéterministe.*

Or on sait qu'en mécanique ondulatoire ceci est réalisé pour certaines paires de grandeurs, par exemple pour une coordonnée x et un moment conjugué p_x ; d'où ce corollaire :

COROLLAIRE. — *La mécanique ondulatoire est essentiellement indéterministe.*

Cette preuve du caractère essentiel de l'indéterminisme s'établit en sortant du cadre de la mécanique ondulatoire pour se placer dans celui de la théorie générale des prévisions, où l'on considère une théorie physique quelconque, mais un seul système physique, tandis que la preuve de von Neumann peut s'établir en considérant seulement une théorie déterministe et la mécanique ondulatoire, mais un ensemble de systèmes physiques. Cependant les deux critères ne sont pas complètement indépendants; en mécanique ondulatoire l'un entraîne l'autre et leur liaison s'établit à partir de la formule

$$\sigma_A \sigma_B \geq \left| \frac{1}{2i} (\overline{AB} - \overline{BA}) \right|$$

liant les écarts-types σ_A et σ_B de deux grandeurs A et B à la valeur moyenne de la grandeur associée au commutateur.

Sur le formalisme du calcul des prévisions, on peut donc reconnaître si une théorie est en droit déterministe ou essentiellement indéterministe. Par exemple la mécanique statistique classique et la théorie cinétique des gaz sont en fait indéterministes et en droit déterministes. Enfin une théorie déterministe en fait l'est nécessairement en droit; une théorie indéterministe en droit l'est nécessairement en fait.

ÉLECTRICITÉ. — *Action de courants alternatifs de fréquences élevées sur les semiconducteurs liquides.* Note de MM. JEAN et GEORGES GRANIER, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier en courant alternatif les semiconducteurs liquides, en utilisant les mêmes dispositifs que pour les semiconducteurs solides ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 829.

Les résultats expérimentaux paraissent à première vue assez discordants. Cependant il semble que l'on puisse ranger les liquides en trois catégories; dans chacune d'elles nous allons choisir un exemple, pour lequel nous indiquerons, en fonction de la fréquence f , la résistivité ρ en ohms/cm, ainsi que l'angle de perte α (déphasage de la quantité d'électricité sur la tension).

1° *Hexane.*

f	0.	10^4 .	10^5 .	10^6 .
ρ	$13 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$
$\tan \alpha$	—	0,14	0,023	0,003

Ainsi, dans l'hexane, comme d'ailleurs dans le sulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone et le toluène, la résistivité décroît très lentement quand la fréquence augmente. On peut donc, en première approximation, attribuer les pertes de puissance observées en courant alternatif à une conductibilité ionique provenant, soit d'impuretés électrolytiques, soit d'une ionisation spontanée sous l'influence de causes extérieures (lumière, radiation cosmique); le mécanisme serait le même qu'en courant continu.

2° *Éther.*

f	0.	10^3 .	10^4 .	10^5 .	10^6 .
ρ	$8 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^9$	$0,3 \cdot 10^9$
$\tan \alpha$	—	0,065	0,005	0,0007	0,0013

Dans cette catégorie, qui comprend également l'alcool et l'acétone, on observe, pour des fréquences très élevées, une diminution fort nette de la résistivité et une *augmentation de l'angle de perte*; sous tension constante, la puissance dissipée en chaleur, au lieu d'être simplement proportionnelle à la fréquence, croît beaucoup plus rapidement. Le mécanisme des pertes n'est plus du tout le même qu'en courant continu, mais il suffit, pour l'expliquer, de supposer à l'intérieur du liquide la présence de dipôles permanents, ce qui paraît tout à fait légitime pour des corps de cette nature. L'orientation des molécules dans le champ alternatif entraîne des pertes par frottement et l'application des théories de Debye conduit à considérer celles-ci comme proportionnelles au carré de la fréquence dans la région qui nous occupe. La superposition d'une conductibilité électrolytique et d'une rotation de dipôles permet donc d'expliquer le minimum observé expérimentalement pour l'angle de perte.

3° *Huile de vaseline.*

f	0.	10^3 .	10^4 .	10^5 .	10^6 .
ρ	$250 \cdot 10^9$	$150 \cdot 10^9$	$70 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^9$	$0,5 \cdot 10^9$
$\tan \alpha$	—	0,0055	0,0012	0,0055	0,0016

Comme on le voit, dans les liquides très visqueux tels que les huiles de graissage, l'angle de perte traverse successivement un minimum, puis un

maximum. L'allure générale des phénomènes pourrait encore être expliquée par la théorie de Debye, mais les valeurs numériques expérimentales sont loin de cadrer avec les résultats théoriques et conduisent, pour le diamètre des molécules, à des valeurs absolument inacceptables. On pourrait évidemment essayer de rétablir la concordance numérique en admettant qu'il existe une viscosité *microscopique* bien différente de la viscosité macroscopique normale, mais cette interprétation n'est qu'une manière de voiler notre ignorance des phénomènes. Il paraît tout aussi rationnel, dans ces liquides visqueux qui possèdent également une rigidité mécanique appréciable, de rattacher ces phénomènes à l'hystérésis diélectrique observée sur les solides et d'admettre que des ions électrolytiques exécutent à l'intérieur du liquide, non pas des mouvements de rotation, mais des mouvements de translation.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un système de bobines produisant un champ magnétique uniforme pour une chambre de Wilson étroite.* Note de M. EUGÈNE NAGEOTTE, présentée par M. Maurice de Broglie.

Une forme allongée convient bien à une chambre de Wilson verticale pour l'étude des rayons cosmiques parce qu'elle permet, avec moins d'encombrement qu'une forme ronde ou carrée, d'observer des trajectoires longues. On a plus de chances d'obtenir les accidents rares, et, si l'on place à l'intérieur de la chambre des écrans et des compteurs, les trajectoires entre ces obstacles restent assez longues pour que leurs courbures dans un champ magnétique soient mesurables et qu'on ait ainsi la quantité de mouvement des particules et le signe de leurs charges électriques : cela augmente beaucoup la portée des expériences.

Pour produire ce champ magnétique, des bobines également rectangulaires et allongées s'imposent, car on réduit beaucoup la puissance consommée en approchant les conducteurs de la chambre. Mais, si on les fait planes, comme les classiques bobines circulaires de Helmholtz, le champ n'est pas uniforme : afin de parer à cet inconvénient nous avons imaginé de construire des bobines *courbées* pour la chambre de Wilson que nous devons utiliser au Laboratoire de l'Aiguille du Midi du Centre National de la Recherche Scientifique.

Des bobines de Helmholtz du même poids auraient consommé quatre fois plus de puissance pour la même intensité de champ, et les variations auraient dépassé 0,5 % d'amplitude; des bobines rectangulaires planes auraient donné des variations de 7 % du champ : en courbant les grands côtés (sans même courber les petits) nous avons abaissé les variations à près de 0,1 % dans tout le domaine utilisé, sans chercher une meilleure précision tout à fait inutile et d'ailleurs précaire, parce qu'une déformation d'un demi-millimètre d'une bobine provoque dans la région où elle se produit une perturbation de l'ordre de 0,1 % : c'est la

rançon de l'économie de puissance faite en approchant les conducteurs de la chambre.

La construction est plus facile que celle de bobines rondes.

Les figures 1 et 2, coupes verticale et horizontale, donnent la disposition d'ensemble : le coffre de protection thermique exige un passage de 28^{cm} de large et 70^{cm} de haut, mais le domaine utile de la chambre de Wilson n'a que 13^{cm}, 5⁽¹⁾ sur 55^{cm} pour une profondeur pouvant atteindre 5^{cm} (selon Ox , sens du champ).

Les conducteurs constituent des spirales rectangulaires de 5 spires (fig. 3) qu'on aurait pu tailler d'un trait de scie dans des plaques : en fait ce sont des barres d'*aluminium* soudées sans saillies, épaisses de 0^{cm}, 4 et larges, suivant leur position, de 4 ou 5^{cm}. Ces spirales, toutes identiques, sont empilées, en plaçant en regard leurs faces de même sens; pour les mettre toutes en série on les soude deux à deux par leurs extrémités intérieures et l'on assemble leurs extrémités extérieures, par les pattes visibles au bas de la figure 3.

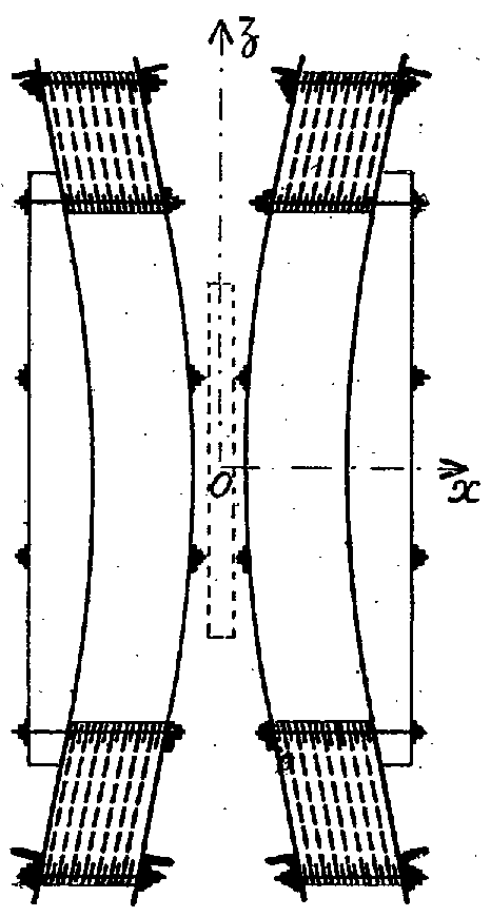


Fig. 1.

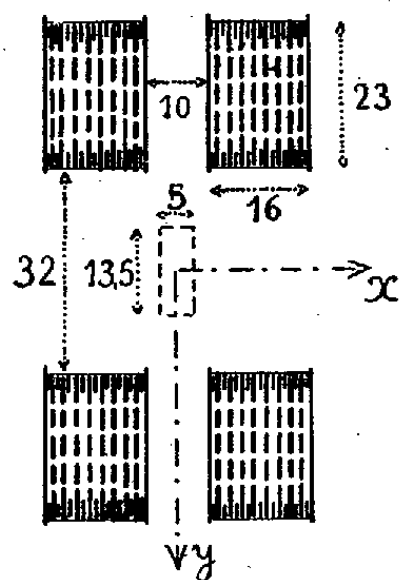


Fig. 2.

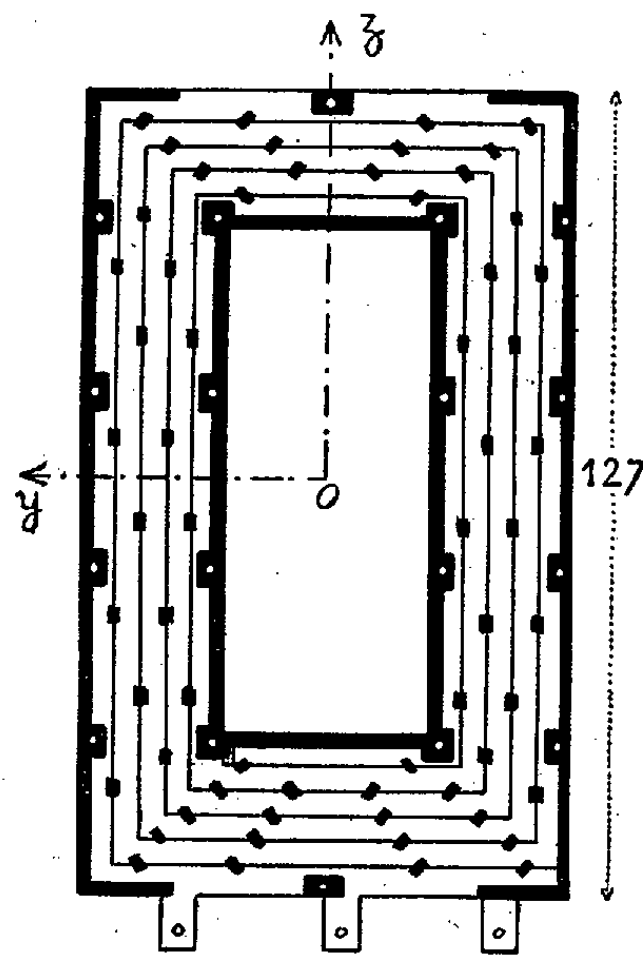


Fig. 3.

Des plaquettes et des bandes de carton bakérisé de 0^{cm}, 4 d'épaisseur maintiennent l'écartement et l'isolement des conducteurs qui sont nus; les bandes assurent en outre l'étanchéité nécessaire à la ventilation forcée.

Une bobine est constituée de 18 spirales empilées et serrées entre deux flasques de duralumin de 0^{cm}, 4 d'épaisseur, par 22 tirants. Ces tirants l'appliquent en même temps sur un châssis qui lui impose sa forme sans que les

(¹) Une largeur de 20^{cm} serait acceptable : l'amplitude des variations du champ serait alors de 0,5 %.

éléments aient à être cintrés d'avance. Pour réaliser un ensemble rigide, les deux bobines sont pressées l'une contre l'autre en interposant 24 cales situées de façon à ne pas gêner l'éclairage latéral de la chambre de Wilson.

Les deux bobines sont identiques; chacune à 90 spires, une résistance de 0,05 ohm et un poids de 150^{kg}. On obtient 1500 gauss avec une puissance de 40 kW. Un ventilateur de 6 kW suffit pour un fonctionnement continu à cette puissance dans les conditions normales. Mais le régime sera intermittent et les basses températures de l'air à 3600^m d'altitude permettront de toutes façons l'utilisation éventuelle de puissances bien supérieures.

La mesure de la composante axiale H_x du champ a confirmé que dans un plan situé à 5^{cm} de la face convexe d'une bobine prise seule, la constance est bien réalisée selon le petit axe (Oy) et qu'elle l'est dans toute la région utile du plan, si la flèche est voisine de 2^{cm},5 (flèche de la bobine mesurée sur la hauteur de la fenêtre). De plus, sur une profondeur de 2^{cm},5 de part et d'autre de ce plan, la variation de H_x en fonction de x ne s'écarte pas de plus de 0,2 % d'une loi linéaire; elle est au centre de 3,5 % par centimètre et passe progressivement à 4,2 % par centimètre pour les points les plus éloignés de l'axe. Ce plan est donc sensiblement le lieu des points d'inflexion des courbes représentant la décroissance du champ lorsqu'on s'éloigne de la bobine parallèlement à Ox ; on doit le choisir comme plan médian du système pour que les champs des deux bobines se compensent, comme dans le cas des bobines de Helmholtz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Micro-radioanalyse. Application à la diffusion des métaux.*

Note (1) de M. MLADEN PAIĆ, présentée par M. Léon Guillet.

La technique semi-microradiographique, associée à la radioanalyse (1), aboutit à une méthode de micro-radioanalyse qui se prête particulièrement à l'étude de la diffusion des métaux à l'état solide. Une coupe mince du système diffusant et une série d'étalons convenables, rigoureusement de même épaisseur que la coupe, sont semi-microradiographiées dans des conditions identiques; la radiographie obtenue est ensuite microphotométrée. La courbe microphotométrique donne la répartition des composants en fonction de la distance d'un point de référence, l'échelle des teneurs étant fournie par les étalons. Parfois les deux métaux, en dehors de la zone de diffusion, sont eux-mêmes des étalons suffisants. Si le système à étudier n'est pas binaire, on doit se contenter de la détermination de l'indice α'_{k-1} (2), dont la connaissance fournit souvent des renseignements fort utiles.

(1) Séance du 19 mars 1945.

(2) M. PAIĆ, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 572; 215, 1942, p. 483; *Rev. Métall.*, 41, 1944, p. 169.

Comme exemple d'application de la nouvelle technique, j'ai étudié la diffusion dans une tôle plaquée, chauffée 20 ou 400 minutes à 490°C ., puis trempée, dont l'âme était de composition Fe 0,41; Si 0,80; Mn 0,61; Mg 1,01; Cu 3,63; Al 93,54 %, et dont le placage était en aluminium contenant Fe 0,13; Si 0,15 %. Le système étant complexe, il fallait chercher la variation de l'indice cuivre a_{Cu} .

Pour la préparation des échantillons, des plaquettes de $28 \times 14\text{ mm}$ environ ont été découpées dans chaque tôle plaquée, ainsi que dans les tôles étalons, et dans une tôle en alliage d'aluminium à 11 % de Zn. Les étalons, en Al-Cu raffiné, contenaient 0, 1, 2, 3 et 4 % de Cu. Les plaquettes obtenues ont été serrées fortement, par deux boulons, entre deux blocs en duralumin. Chaque tôle plaquée a été séparée des autres tôles par une plaquette mince en Al-Zn. L'une des grandes faces de l'assemblage a été dressée au tour, dans l'autre fut tournée une cavité cylindrique, à fond plan-parallèle de 1 mm d'épaisseur (fig. 1). Il en résulte une coupe, de champ, des plaquettes assemblées.

Fig. 2

Fig. 1 - Coupe de l'assemblage usiné

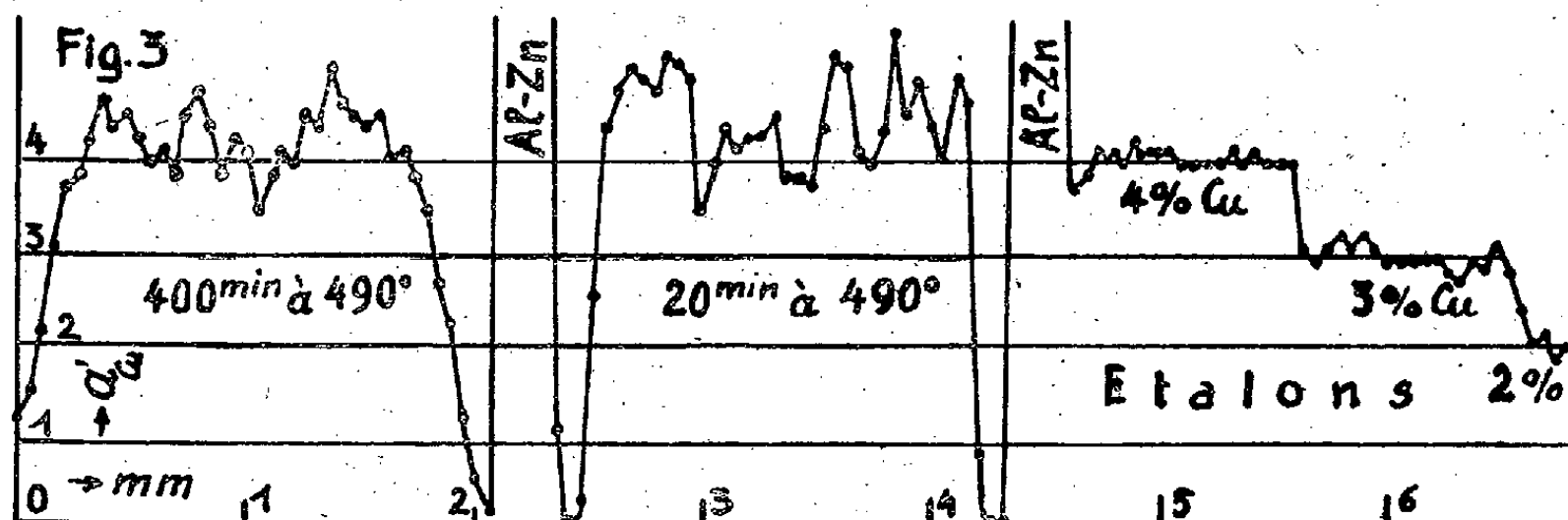


Echelle 1:2,4



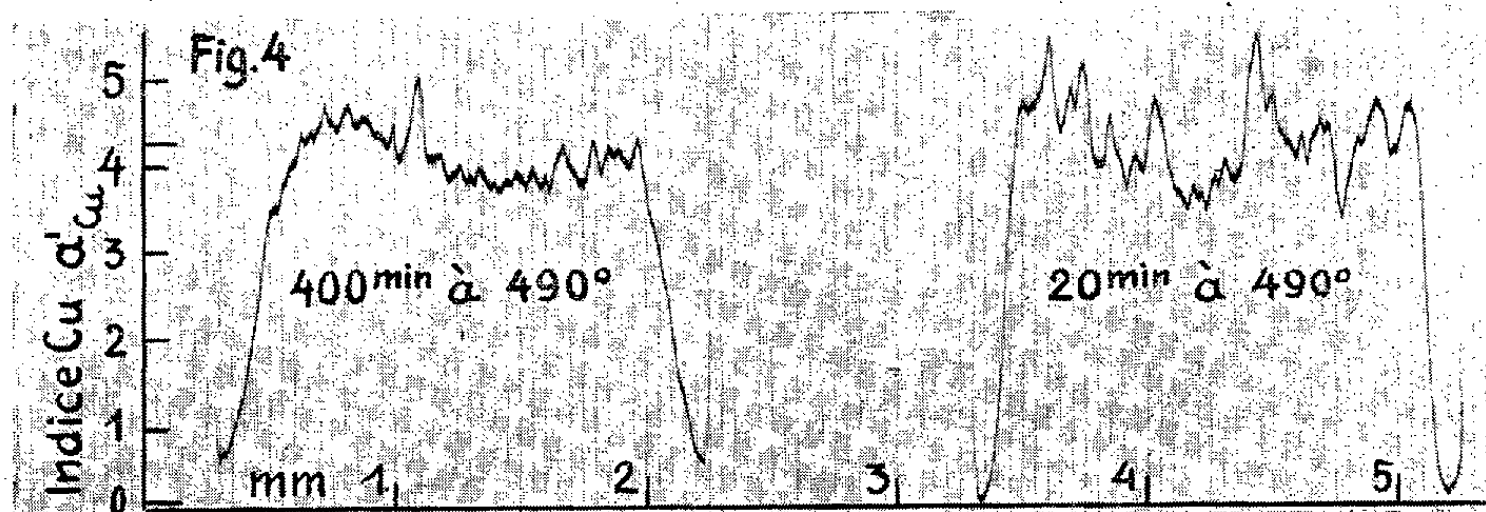
La semi-microradiographie de l'ensemble a été faite dans les conditions et suivant la technique déjà décrites (²). Une partie de la semi-microradiographie obtenue est représentée sur la figure 2. Le photométrage a été fait sur la plaque originale, à l'aide d'un microphotomètre à raies spectrales. Le résultat obtenu est donné par la figure 3.

Dans le cas étudié, l'intensité de la lumière transmise par la semi-microradiographie étant proportionnelle à la teneur en cuivre des étalons (fig. 3)



et le placage, après 20 minutes de chauffe, n'étant pas entièrement envahi par les constituants de l'âme, celle-ci et le placage peuvent servir d'étalons.

Le calcul ⁽¹⁾ donne pour l'indice Cu de l'âme 4,23 et pour celui du placage 0,10. Sur la courbe photométrique obtenue (*fig. 4*; microphotomètre enregistreur de



M. Chalonge), ces deux points correspondent respectivement à la moyenne de la partie de la courbe due à l'âme et aux minima de la partie de la courbe due au placage. La différence de longueur des ordonnées de ces deux points, divisée par 4,23-0,10, donne l'unité de mesure u pour les ordonnées. Le zéro se trouve à 0,10. u au-dessous des minima. L'axe des abscisses passe par le zéro parallèlement à la ligne d'opacité totale. L'emploi du microphotomètre enregistreur révèle que la courbe de diffusion, pour des temps de chauffe prolongée, n'est pas régulière, mais présente des paliers et des maxima relatifs. Les anomalies se produisent vraisemblablement aux limites intercrystallines qui font obstacle à la diffusion. Constatons enfin que la micro-radioanalyse permet de suivre quantitativement l'homogénéisation des alliages par la chauffe, comme le montre la comparaison des écarts de l'indice cuivre de l'âme chauffée 20 ou 400 minutes à 490° (*fig. 3 et 4*).

GÉOLOGIE. — *Découverte d'organismes calcaires dans le Précambrien de l'Anti-Atlas*. Note ⁽¹⁾ de M. **GEORGES CHOUBERT**, présentée par M. Charles Jacob.

On sait que le Précambrien de l'Anti-Atlas comprend deux termes, séparés par une discordance et assimilés par L. Neltner ⁽²⁾ à l'Archéen et à l'Algonkien. Le premier est constitué par des schistes nettement métamorphiques, le second par des schistes très peu métamorphiques et des quartzites.

Au cours de missions effectuées en 1942 et 1943, j'ai commencé l'étude détaillée des régions algonkiennes de l'Anti-Atlas central (entre les transversales d'Ouarzazate et du J. Siroua), et tout particulièrement de la chaîne quartzitique de la région de Taznakht qui borde au Nord et au Nord-Ouest la plaine archéenne des Zenaga (feuilles de Tikirt et d'Alougoum).

⁽¹⁾ Séance du 26 février 1945.

⁽²⁾ *Notes et Mém. Serv. Mines Maroc*, n° 42, 1938, p. 60.

Cette chaîne, traversée par la route d'Ouarzazate à Tazenakht et par les magnifiques gorges de Taghdout (O. Amara) taillées à pic, est formée par une masse de 2000^m au moins de quartzites blancs ⁽³⁾. Verticaux dans la partie centrale de la chaîne, ils ont un fort pendage sud dans son aile est (J. Ansing) et un pendage de 70° Nord dans l'aile ouest (J. Aoutil).

Des conglomérats et grès de la série de conglomérats et de laves les recouvrent en discordance au Nord ⁽⁴⁾. Au Sud, entre la masse quartzitique et les schistes et granites archéens des Zénaga, s'intercale une série de jaspes et de calcaires, puissante de plus de 500^m. Concordante avec les quartzites qui lui font suite et dont elle est séparée par des conglomérats à galets quartzitiques, elle est nettement discordante sur l'Archéen, malgré un écrasement fréquent de ses couches de base. Dans la coupe de Taghdout, cette série se compose de bas en haut des termes suivants :

1. Calcaires lités rouges fortement recristallisés, comportant plus à l'Ouest une puissante lentille de grès quartzitiques qui se développe à leur base.
2. Deux faisceaux de couches de calcaires, de jaspes et de grès très fins verts et violets, séparés par un sill très continu de dolérite. Les jaspes et les grès fins forment tantôt des couches entières (carrière ayant servi à la construction de la route de Tazenakht), tantôt des lits ou intercalations dans les calcaires. Au microscope, ce sont des roches siliceuses de grain extrêmement fin à épidote ou oxyde de fer.
3. Calcaires violacés d'allure oolithique régulièrement lités et alternant vers le haut avec des niveaux schisteux.
4. Schistes sériciteux gris.
5. Grès et conglomérats à galets de quartzite.

Le tout est couronné par la masse quartzitique séparée en deux puissantes barres par une série gréseuse plus tendre.

On peut suivre cette série de calcaires et de jaspes sur près de 40^{km}. A l'Ouest, on la perd au col donnant sur Tamezra. Plus loin, dans le J. Iouguine, au delà duquel la chaîne quartzitique disparaît sous les laves discordantes, la complexité tectonique devient telle qu'il est pratiquement impossible de l'individualiser. Vers l'Est, on la suit jusqu'un peu au delà de Tazenakht, à travers de vastes étendues de regs quaternaires, au milieu desquels seuls les jaspes arrivent à émerger (butte de tir de Tazenakht). Plus loin, la série semble disparaître et l'Algonkien débute par un conglomérat écrasé reposant sur des granites et séparé des quartzites par une épaisse série gréseuse. A son extrémité est, avant de disparaître sous les laves à Tafounant (O. Azguemerzi), la chaîne se termine par plusieurs écailles quartzitiques alternant avec de l'Archéen. Ce sont les calcaires du niveau 3, qui se sont révélés au microscope pétris de petits organismes arrondis à structure fort bien conservée.

⁽³⁾ *Ibid.*, p. 67.

⁽⁴⁾ G. CHOUBERT et L. NELTNER, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 5^e série, 8, 1938, pp. 168-169.

M^{me} Geneviève Termier, qui a bien voulu entreprendre leur étude, me communique les lignes suivantes :

« Ces organismes se répartissent en deux groupes : ce sont, pour l'un, de petites outres de 0^{mm},5 à 1^{mm}, à section circulaire et à muraille formée de couches concentriques entre lesquelles subsistent des vides. La couche la plus interne, d'apparence granuleuse, est perforée de fins canalicules. Un grand nombre d'individus semblent composer des colonies rameuses; d'autres, entourés par une muraille commune, pourraient indiquer un phénomène de reproduction. Leurs formes et leurs dimensions correspondent à celles des larves des *Rhabdocyathidæ* Vologdin. L'autre groupe rappelle les Calcisponges de l'ordre des *Spinetozoa*. »

La découverte de ces organismes, qui doivent être considérés comme des ancêtres des Archæocyatidés, semble d'autant plus intéressante que la nature organique des *Atikokamia* de Walcott est mise en doute par des études récentes (³). Je rappelle d'autre part la découverte récente de débris d'Echinodermes dans l'Algonkien du Mellab faite par M^{me} Y. Gubler. Ma trouvaille pose ainsi un deuxième jalon pour la connaissance du Précambrien marocain.

GÉOLOGIE. — *Le problème de Minorque*. Note (¹) de M. PAUL FALLOT, présentée par M. Charles Jacob.

Un débat est ouvert depuis longtemps sur ce que j'ai appelé le *problème de Minorque* (²). Les éléments en sont à la fois tectoniques et paléogéographiques.

La zone subbétique, avec les faciès alpins et les charriages qui la caractérisent, se suit de la péninsule ibérique à Majorque. On en perd ensuite la trace, mais en 1922 (³) j'avais admis que la Téthys secondaire n'avait pu se prolonger que vers la Sicile et l'Italie en passant au sud de la Sardaigne. Dans leurs synthèses tectoniques, R. Staub (⁴) et W. von Seidlitz (⁵) ont admis ce tracé.

Quant à Minorque, avec une série secondaire épicontinentale et disloquée avant le Burdigalien, elle paraissait étrangère au sillon mésogéen et à l'édifice alpin proprement dit.

A ce sujet, et c'est là le débat, deux interprétations sont en présence. Dans celle adoptée par les géologues précités et moi-même, il faut admettre que les charriages subbétiques subissent une torsion pour passer, en direction du Sud-Est, entre les deux Baléares, ce dont on n'a nul indice. H. Stille (⁶)

(³) P. A. RAYMOND, *Bull. Géol. Soc. of America*, 46, 1935, pp. 375-391.

(¹) Séance du 19 mars 1945.

(²) P. FALLOT, *Bull. Sc. Géol. Fr.*, 4^e série, 23, 1923, pp. 3-44.

(³) *Étude géologique de la Sierra de Majorque*, Paris, 1922.

(⁴) *Matér. Carte Géol. Suisse*, N. S., 52^e Livr., 1924.

(⁵) *Diskordanz u. Orogenese d. Gebirge am Mittelmeer*. Berlin, 1931.

(⁶) *Abh. Ges. Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl.*, New Folge, Bd XII, 3, 1927, pp. 1-62.

admet au contraire que la chaîne subbétique a dû subir une torsion vers le Nord pour se prolonger par les Pyrénées, Minorque appartenant à son arrière-pays. Ces connexions, impliquant le prolongement d'une chaîne de style et d'âge alpins par la chaîne de fond pyrénéenne, qui est anté-oligocène, m'ont paru moins admissibles encore que les premières ⁽¹⁾.

Depuis lors H. S. Hollister a fait à Majorque une découverte qui suggère une troisième solution du problème ⁽²⁾.

On sait qu'à Minorque le Paléozoïque comporte des grauwackes évoquant celles, dévono-dinantiennes, du Bétique de Malaga. Le Trias avec Muschelkalk alpin y supporte un Lias de faciès espagnol, néritique, suivi d'un Barrémio-Aptien peu profond. Ces terrains sont affectés de dislocations axées Nord-Sud et en particulier de petits chevauchements du Paléozoïque sur le Werfénien, poussés en apparence vers l'Ouest. Toute la moitié méridionale de l'île est recouverte de Burdigalien transgressif, horizontal.

A Majorque, seule la Sierra principale est typiquement subbétique et comporte des charriages post-burdigaliens. Son pied sud est séparé des collines du centre et du midi de l'île par une large plaine quaternaire et vindobonienne, étendue de la baie de Palma à celle d'Alcudia. Les chaînons du centre et la Sierra de Levante comportent, entre autres, du Lias moyen à faciès espagnol vers Maria, de l'oolithe ferrugineuse aalénienne et un Néovomien néritique incomplet, disloqués par des charriages anté-burdigaliens.

Or Hollister a observé, autour de Maria, au centre de l'île, des grauwackes identiques à celles de Minorque, en galets de 30 à 70^{cm}, dans des conglomérats burdigaliens. Il les fait provenir du démantèlement d'un massif qui aurait prolongé la petite Baléare par le sud de la grande, conformément aux vues de Stille.

Plutôt que de croire que des roches aussi tendres ont résisté à un transport torrentiel de plus de 45^{km}, j'incline à penser que l'affleurement qui a fourni ces grauwackes doit se trouver sous le Néogène, qui en remanierait les éléments presque sur place.

Dans ce cas, le centre et le sud de Majorque doivent être rattachés à Minorque dont ils ont le même substratum, et cet ensemble n'est autre que le prolongement du Bétique de Malaga. La plaine centrale, dont on a toujours admis qu'elle cachait les fronts des nappes méridionales, masquerait le front même de la nappe de Malaga et des accidents de sa couverture. On peut rappeler à l'appui de ces vues qu'en Espagne, parmi les rares restes de Secondaire que porte cette nappe, figurent un Lias supérieur avec oolithe ferrugineuse et surtout un Néocomien néritique et incomplet.

(1) P. FALLOT, *Bull. Inst. Catal. Hist. Nat.*, 33, 1934, pp. 382-387.

(2) H. S. HOLLISTER, *Abh. Ges. Wiss. Göttingen Math. Phys. Kl.*, III Folge H. 10, 1934, pp. 1403-1436.

Si l'on admet l'interprétation tectonique suggérée, il est aisé d'expliquer le pointement paléozoïque de Maria, puis, par exaltation axiale, l'affleurement du Primaire de Minorque. L'orientation des chevauchements de cette île ne procéderait pas d'une poussée vers l'Ouest, mais d'une apparence due aux intersections transversales d'accidents de la nappe de Malaga, abaissée vers l'Est après sa culmination.

Dès lors le Subbétique, largement recouvert par l'avancée de la nappe de Malaga, et limité en affleurement à la Sierra de Majorque, doit passer en mer immédiatement au nord de Minorque, et tout le train des nappes bétiques et subbétiques se poursuit vers le Sud-Est, selon le tracé général que fit envisager primitivement la paléogéographie du sillon méditerranéen.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'état de l'eau dans les tissus végétaux progressivement refroidis*. Note de MM. **ROGER ULRICH** et **CLAUDE LEBLOND**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les étapes de la solidification de l'eau dans les organes végétaux refroidis sont encore mal connues. Nous avons repris cette étude en utilisant la méthode dilatométrique que divers auteurs ont appliquée avant nous au même matériel, notamment Mc Cool et Millar ⁽¹⁾, Rosa ⁽²⁾, Maximov et Novitov ⁽³⁾, Sayre ⁽⁴⁾. La quantité d'eau qui se transforme en glace à chaque température est déduite de la mesure de l'augmentation de volume qui accompagne le changement d'état (92^{mm} par gramme à 0°); on admet, ce qui est vraisemblable, qu'aucun autre phénomène provoqué par le refroidissement n'est susceptible d'altérer la contraction régulière des tissus.

Des fragments de tubercules de Pomme de terre sont placés dans le réservoir d'un dilatomètre à tige avec du mercure ou du toluène, et privés d'air sous le vide. Le dilatomètre est immergé dans un bain d'alcool constamment agité et refroidi. La courbe I ci-après représente les variations du niveau du mercure dans la tige graduée en fonction de la température, la courbe II, les variations réelles du volume des tissus. On peut distinguer six tronçons dans la première : 1° AB, simple refroidissement des tissus; 2° BC, surfusion; 3° CD' ou CD, formation de glace à température constante ou variable; 4° DF, congélation progressive de l'eau du suc de plus en plus concentré des tissus (DD' rencontre AC en B qui correspond au point de congélation commençante θ); 5° FG, la for-

(1) *Botan. Gaz.*, 70, 1920, p. 317.

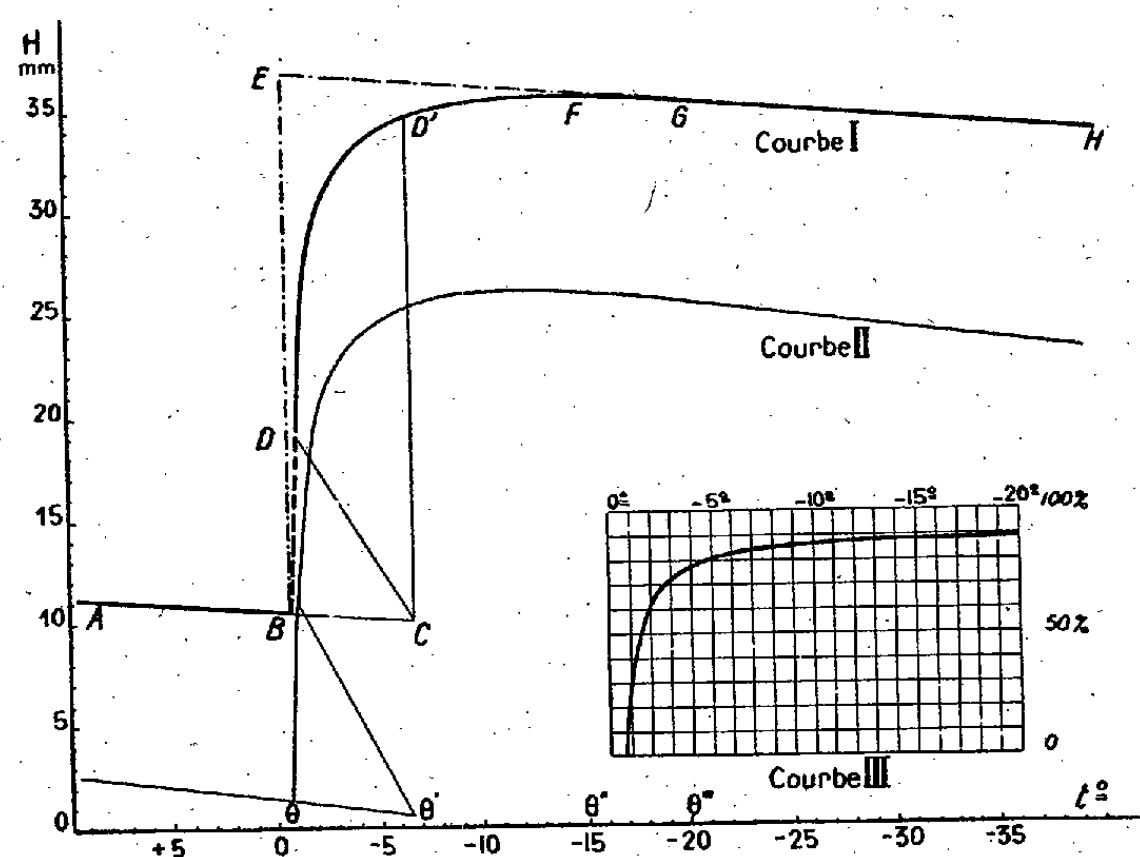
(2) *Missouri Agr. Exp. Sta. Res., Bull.*, 48, 1921, 97 p.

(3) *Protoplasma*, 7, 1929, p. 275.

(4) *Journ. agric. Res.*, 44, 1932, p. 669.

mation de glace continue, mais la contraction du mercure masque l'augmentation de volume due au changement d'état de l'eau; 6° GH, contraction linéaire des tissus gelés.

On peut se demander si toute l'eau de l'échantillon étudié est solidifiée en G. Si l'on prolonge la droite HG vers la gauche, on peut admettre qu'à la tempé-



Pomme de terre. Poids frais de l'échantillon 8^g,097. Capacité du dilatomètre à 0°, 1/4 cm³, 430. Coefficient de dilatation du réservoir, 185.10⁻⁶. Volume d'une division de la tige, 19 mm³, 58. Poids du mercure, 95^g, 590.

rature θ , BE représente l'augmentation de volume que l'on observerait si toute l'eau congelable entre θ et θ''' pouvait passer à l'état solide au point de congélation commençante. Dans le cas particulier considéré ici, BE correspond à 26,3 divisions, c'est-à-dire à la solidification de 5^g,6 d'eau pour 8^g,097 de tissu frais. La richesse en eau congelable, ramenée à 100^g frais, est donc de 69,2 %; or la teneur en eau totale, mesurée par séjour à l'étuve à 100-105°, était de 78 %. Il y a donc dans le premier cas un déficit de 11 % de l'eau totale. Sur l'état de cette eau incongelable à θ''' , on peut faire deux hypothèses entre lesquelles des expériences en cours nous permettront vraisemblablement de choisir :

1° Il s'agit d'une fraction *définie* de l'eau totale, solidement fixée à des micelles de colloïdes ou appartenant à la molécule d'hydrates définis décomposables à 100-105°, mais stables aux basses températures.

2° Il est également possible que cette eau soit présente dans les tissus à la température θ''' sous forme de solution très concentrée ou qu'elle soit enfermée dans des espaces capillaires de dimensions variées; dans un cas comme dans l'autre, elle se solidifierait *progressivement* aux températures de plus en plus basses sans provoquer d'accident sensible sur la courbe I, à moins qu'on

n'assiste à la cristallisation d'un eutectique à des températures très inférieures à -30° . Si à la région GH correspondait une telle formation progressive de glace, il faudrait apporter une correction au coefficient angulaire de cette droite pour calculer l'eau congelable au-dessus de 0° . Dans ce cas d'ailleurs, la solidification de l'eau des tissus étant un phénomène *continu* jusqu'aux très basses températures, la connaissance de l'eau incongelable à 0° présenterait moins d'intérêt que dans l'hypothèse de l'existence d'un taux défini d'*eau liée*.

Si l'on note que la correction à apporter éventuellement à la pente de la droite GH est nécessairement très faible du fait de la quantité d'eau infime qui cristallise alors, on peut apprécier la fraction de l'eau totale solidifiée à des températures de plus en plus basses. Les segments de parallèles à l'axe des ordonnées limités d'une part par la courbe BG et de l'autre par la droite HE ont en effet des longueurs proportionnelles à la quantité d'eau liquide qui subsiste à chaque température. La courbe III, qui représente le pourcentage de l'eau totale congelée aux températures décroissantes, a été construite de cette manière. Elle est analogue à celle établie par Heiss (") pour la Pomme de terre en utilisant une méthode indirecte.

HISTOLOGIE. — *Mise en évidence des limites du sarcoplasme au niveau de la synapse myoneurale*. Note (1) de M. RENÉ COUTEAUX, présentée par M. Louis Lapicque.

Comme l'ont montré des recherches récentes (2), le vert Janus B de Höchst, utilisé en coloration post-vitale, permet de mettre en évidence dans la plaque motrice une couche de bâtonnets comparable à celle qu'on a décrite depuis longtemps dans les lames électriques de la Torpille et de divers autres Poissons. Sous chacun des rameaux de l'arborisation terminale (en comprenant sous ce terme à la fois les ramifications terminales du neurite moteur et les éléments d'origine schwannienne qui les accompagnent), cette couche de bâtonnets très serrés forme une sorte de gouttière dont les bords sont tournés vers la surface de la plaque motrice. Le vert Janus permet aussi d'obtenir une coloration du sarcolemme des fibres musculaires striées.

Couche de bâtonnets et sarcolemme se trouvant d'ordinaire simultanément colorés, il devient relativement aisé d'étudier la disposition du sarcolemme au niveau de la plaque motrice et d'aborder ainsi par une technique nouvelle l'une des questions les plus controversées de l'histologie nerveuse.

(3) *Zeits. f. die ges. Kälteindustrie*, 40, 1933, p. 144.

(1) Séance du 19 mars 1945.

(2) R. COUTEAUX, *C. R. Soc. Biol.*, 139, séance du 16 décembre 1944.

Les muscles choisis pour cette étude ont été principalement les muscles intercostaux et abdominaux de la Souris albinos, préparés de manière qu'un certain nombre de leurs plaques motrices fussent complètement à nu et, de ce

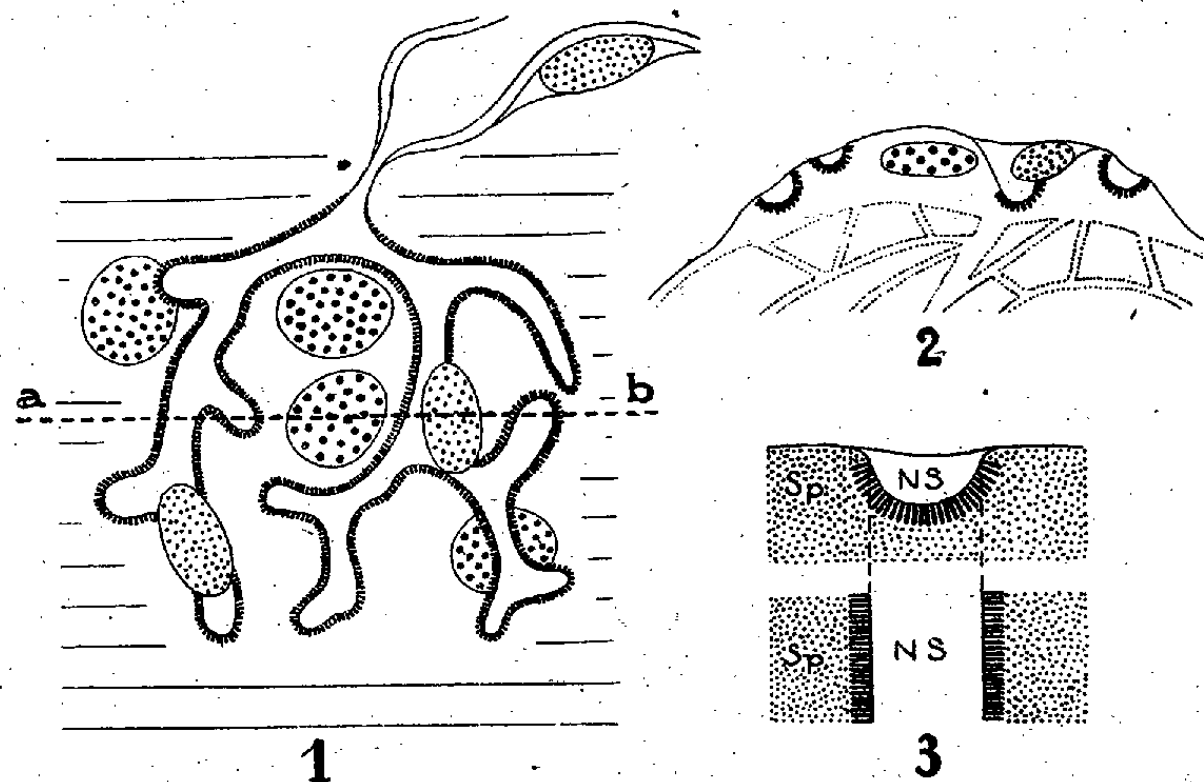


Fig. 1. — Schéma d'une plaque motrice-vue de face. Les noyaux musculaires sont semés de points assez gros et les noyaux d'origine schwannienne de points plus fins.

Fig. 2. — Schéma d'une coupe transversale pratiquée suivant la ligne *ab* de la figure 1. Mêmes conventions pour les noyaux.

Fig. 3. — Schémas d'une gouttière synaptique vue en coupe transversale et vue de face. NS, arborisation neuro-schwannienne; Sp, sarcoplasme.

fait, plus accessibles au vert Janus, dont on connaît la très faible diffusibilité. Après fixation de la coloration par le molybdate d'ammonium à 10 %, suivie d'une fixation secondaire des tissus par le formol neutre à 20 %, les portions de muscles contenant des plaques motrices colorées ont été enrobées dans la paraffine. Les coupes, d'une épaisseur de 2 ou 3^e et exactement transversales, ont été traitées par le carmalum en vue d'obtenir une coloration élective des noyaux.

Lorsqu'on examine les coupes ainsi obtenues, on voit dès l'abord qu'au niveau des plaques motrices la couche des bâtonnets présente avec le sarcolemme des rapports très étroits, si étroits même qu'on pourrait à première vue interpréter cette couche comme une zone très épaissie du sarcolemme.

Les gouttières que forme la couche des bâtonnets à la face profonde de chacun des rameaux de l'arborisation neuro-schwannienne présentent, lorsqu'elles sont coupées transversalement, une section semi-circulaire; elles nous paraissent mériter le nom de gouttières synaptiques, puisque c'est à leur niveau que les rameaux de l'arborisation neuro-schwannienne entrent en rapport avec le sarcoplasme. Entre ces gouttières, le sarcolemme, ou du moins ce que nous en voyons après coloration par le vert Janus, présente les mêmes caractères

qu'en tous les autres points de la fibre musculaire. En ce qui concerne les gouttières elles-mêmes, les coupes transversales ne nous ont pas permis de pousser plus loin l'analyse. Si minces soient-elles en effet, ces coupes sont encore trop épaisses pour que les bâtonnets y apparaissent distincts et que puissent être précisés leurs rapports avec l'arborisation neuro-schwannienne.

Des préparations de plaques motrices entières, observées de face après coloration par le vert Janus, fournissent à cet égard des aspects beaucoup plus concluants. En réglant la mise au point sur les bords des gouttières synaptiques, on observe très souvent, aux plus forts grossissements, non seulement les bâtonnets, mais encore une ligne continue traduisant l'existence d'une membrane très mince, qui sépare la couche des bâtonnets de l'arborisation neuro-schwannienne et sur laquelle les bâtonnets paraissent être insérés par leur pôle superficiel. Ce qui semble confirmer cette dernière interprétation, c'est que, malgré les bouleversements qu'introduisent souvent les réactifs histologiques dans l'ordonnance des bâtonnets, ces derniers gardent toujours un point d'attache fixe au niveau de la membrane qui les revêt.

Cette membrane, qui se continue avec le sarcolemme au niveau des bords de chaque gouttière synaptique, semble plus mince que le sarcolemme. Son existence pose divers problèmes cytologiques, qu'une étude de l'ultrastructure pourra seule résoudre complètement. Il paraît dès maintenant probable que la coloration au vert Janus ne nous fournit ici qu'un *équivalent* histologique assez grossier des couches limitantes séparant sur le vivant les deux protoplasmes qui s'affrontent au niveau des gouttières synaptiques.

Il n'en reste pas moins que les limites bien tranchées du sarcoplasme, révélées par les préparations décrites précédemment, et surtout par les coupes transversales, partagent la plaque motrice en deux territoires protoplasmiques absolument distincts : l'un musculaire, dont les noyaux répondent aux *noyaux fondamentaux*, et l'autre composite, à la fois neuroplasmique et schwannienne, comprenant les *noyaux de l'arborisation*, d'origine schwannienne, accompagnés parfois de *noyaux vaginaux*, d'origine conjonctive.

ZOOLOGIE. — *Un os inconnu des Téléostéens, le postlacrymal. Détermination du jugal.* Note de M. PAUL CHABANAUD, présentée par M. Maurice Caullery.

Parcourue tout entière par la branche infraorbitaire du canal sensoriel, la chaîne des os infraorbitaux des Téléostéens, lorsqu'elle n'est pas totalement déficiente, se compose d'un nombre d'éléments, qui diffère selon les groupes, les genres, parfois même les espèces. Ordinairement inférieur à 6, ce nombre s'élève à 9 chez *Scomber*, à 14 chez *Scophthalmus* et même à 16 chez *Hippoglossus*. Ces os dermaux ne sont généralement distingués les uns des autres que par le rang qu'ils occupent dans la série, et cela sans égard à leurs relations anato-

miques respectives. Certains d'entre eux ont toutefois reçu un nom spécial. Le plus antérieur est le lacrymal (Cuvier, Owen); c'est le plus constant et souvent le seul qui existe; c'est aussi, d'ordinaire, le plus développé; il s'articule avec le paréthmoïde. Le deuxième infraorbital est couramment homologué avec le jugal (Geoffroy Saint-Hilaire, Agassiz) des Crossoptérygiens et des Vertébrés tétrapodes. Lorsque d'autres infraorbitaux s'ajoutent au lacrymal et au jugal, le dernier de la série recouvre en partie le sphénotique; ce qui lui a valu le nom de dermosphénotique (Gregory).

Le Carangidé *Trachurus trachurus* (Linné) possède 6 infraorbitaux. Le lacrymal est très développé, surtout en longueur; l'*adductor maxillaris* [division de l'*adductor mandibulæ* (Vetter)] s'attache longuement à sa face interne. Notablement plus court que le lacrymal, le deuxième infraorbital se réduit presque exclusivement aux seules parois du canal sensoriel; aucun tendon ou aponévrose ne s'y insère et seul un conjonctif lâche le relie à la musculature subjacente.

La portion du canal sensoriel incluse dans le troisième infraorbital est relativement courte. En avant de cette portion du canal, l'os se prolonge considérablement, en marge de l'orbite, contre la face interne du deuxième infraorbital et un ligament le relie directement au lacrymal. Au surplus ce troisième infraorbital se complique d'un long processus interne, qui s'oriente ventro-caudalement; l'apex de ce processus dépasse l'aplomb de l'extrémité caudale de l'os et un ligament le relie à l'hyomandibulaire. Processus et ligament donnent insertion à la portion superficielle de l'*adductor mandibulæ*, muscle qui s'attache également à la face interne de ce troisième infraorbital.

De même que le deuxième, les infraorbitaux 4, 5 et 6 n'ont aucun rapport direct avec la musculature.

Le troisième infraorbital de *Trachurus trachurus* est le véritable jugal, os déterminable, non par le rang qu'il occupe dans la série (habituellement le deuxième, ce rang peut donc être le troisième ou quelque autre plus reculé), mais bien par les modalités de ses relations avec la musculature; ce qui n'avait encore jamais été spécifié. Quant au deuxième infraorbital de l'espèce en question, c'est un os surnuméraire, que je nommerai le *postlacrymal*. Il se peut que le postlacrymal soit multiple, dans d'autres types morphologiques.

Les infraorbitaux 4 à 6 deviendront les *postjugaux*, le dernier d'entre eux conservant le nom de dermosphénotique que lui a donné Gregory (¹).

(¹) B. VETTER, *Jena. Zeitschr. f. Naturw.*, 12, 1878, pp. 431-550, tab. 12-14; E. C. STARKS, *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 3, 1901, pp. 507-539, tab. 63-65; E. P. ALLIS, *Journ. Morphol.*, 18, 1903, pp. 45-328, tab. 3-12; W. K. GREGORY, *Trans. Amer. Philos. Soc.*, n. s., 22, 1933, pp. I-VI et 73-481.

HYDROBIOLOGIE. — *Constitution chimique du dépôt organominéral des filtres à sable submergé*. Note ⁽¹⁾ de M. JACQUES WAUTIER, présentée par M. Maurice Caullery.

Jacques Bourcart ⁽²⁾ a donné le nom de *liant* à la matière fondamentale unissant les divers constituants figurés des vases (grains, spicules d'éponges, frustules de Diatomées etc.). J'ai montré ⁽³⁾ que le dépôt de la zone profonde de la membrane biologique développée dans les filtres à sable submergé comportait aussi un liant.

L'étude chimique de ce dépôt révèle que, comme pour les vases, le liant est caractérisé par de l'humus et divers autres produits organiques, par du fer. Les résultats des analyses se trouvent résumés dans les tableaux suivants.

I. — LA MATIÈRE ORGANIQUE.

A. Teneurs en eau, en carbonates et en matière organique.

	Valeurs extrêmes.		Moyenne pour 6 échantillons.
	%	%	%
Teneur en eau par rapport au poids humide.....	62	67	65
» » » sec.....	163	203	185
» carbonates par rapport au poids sec....	27,9	34,3	30,9
» matière organique totale par rapport au poids sec.....	21,2	27,1	24,9

B. Fractionnement du constituant organique, effectué selon la technique de J. Bourcart et P. Péreau ⁽⁴⁾.

Fractions.	Valeurs extrêmes.		Moyenne pour 6 échantillons.
	%	%	%
Ap (cellodextrine probablement).....	1,1	1,4	1,2
As (sels organiques de fer).....	0,6	1,1	0,9
Bp (acides humiques et hymatomélaniques).....	1,2	1,7	1,4
Bs (fulvoacides de Sven Odén).....	0,8	1,4	1,1
C (éléments minéraux, cellulose, lignine, humine).	94,7	95,6	95,1
Total des fractions extraites.....	4,3	4,7	4,6

Ces mesures montrent qu'il est possible d'isoler du dépôt des filtres les mêmes constituants que des vases et que les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur. L'importance de la fraction As (sels organiques de fer) est toutefois plus faible pour ce dépôt que pour les vases.

⁽¹⁾ Séance du 12 mars 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 448.

⁽³⁾ *Ibid.*, 220, 1945, p. 478.

⁽⁴⁾ *Ibid.*, 212, 1941, p. 1044.

Le seul examen microscopique révèle déjà l'origine essentiellement végétale du constituant organique. Cette indication peut être précisée par les valeurs élevées du rapport carbone/azote.

C. Carbone et azote du constituant organique.

	Valeurs extrêmes.		Moyenne pour 6 échantillons.
	%	%	%
Matière organique.....	21,2	27,1	24,9
C.....	10,6	13,5	12,5
N.....	0,41	0,62	0,56
Rapport C/N.....	21,2	25,8	22,5
N par rapport à la matière organique.....	3,8	4,7	4,4

II. — LE FER.

D. Dosage colorimétrique du fer.

	Valeurs extrêmes.		Moyenne pour 6 échantillons.
	%	%	%
Fer sans calcination.....	0,032	0,038	0,036
» après ».....	0,035	0,042	0,039
Différence.....	0,002	0,005	0,003

Le dépôt des filtres d'Ivry renferme donc du fer en quantité notable. Ce fer est en partie lié à la matière organique, peut-être sous forme de sels organiques. Le fer n'existant dans les eaux de la Seine qu'à l'état de traces, on ne peut rechercher l'origine de ce métal dans l'eau d'imbibition. Il est vraisemblable que ce sont les ferrobactéries qui interviennent pour emprunter ce fer à la matière organique et en réaliser la concentration.

Sa structure en réseau, la nature de ses éléments constitutifs, sa composition chimique (teneur élevée en matière organique, notable en fer), ses propriétés d'ensemble, permettent de considérer ce dépôt comme une formation vaseuse.

La teneur élevée en matière organique, la teneur inférieure en fer semblent indiquer une évolution incomplète de la partie active de ce sédiment, désagrégation imparfaite de la matière organique vers le complexe à peu près stable que constitue l'humus, fixation inachevée du fer par les ferrobactéries.

L'évolution du dépôt en place est en effet limitée par les nettoyages périodiques des bassins.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Insolubilité des euglobulines dans l'eau et délipidation du sérum.* Note (1) de MM. JEAN ROCHE et YVES DERRIEN, présentée par M. Maurice Javillier.

L'hypothèse selon laquelle l'insolubilité dans l'eau des euglobulines sériques relèverait plus des combinaisons lipidiques contractées par elles que d'une pro-

(1) Séance du 9 avril 1945.

priété tenant à la nature de ces protéines, par ailleurs identiques aux pseudoglobulines solubles dans l'eau, a été depuis longtemps formulée (Hardy, Chick et Martin). Il nous a paru qu'il y avait lieu d'en contrôler l'exactitude, bien que les résultats de P. Hartley ⁽²⁾, de M. Machebœuf et F. Tayeau ⁽³⁾ lui paraissent favorables.

Dans une première série de recherches, nous avons soumis à la dialyse deux échantillons d'une préparation d'euglobulines totales [mélange des fractions P_I , P_{II} et P_{III} , de Green ⁽⁴⁾] obtenue par électrodialyse d'un sérum de Cheval, après avoir délipidé l'un d'eux par la méthode de Blix ⁽⁵⁾ (acétone-éther à -14°). Les volumineux précipités apparus dans les dialyseurs ne représentent, après trois jours, que 63 % des protéines mises en œuvre dans l'un comme dans l'autre cas, l'euglobuline P_I demeurant en solution au pH du milieu (pH 6,3) en fin d'expérience. La délipidation selon Blix ne modifie donc pas le caractère d'insolubilité dans l'eau des euglobulines.

De tels résultats ne résolvent cependant pas entièrement le problème, car la technique de Blix, comme celles de Piettre, d'Adnet, de Saias, dont elle dérive, n'arrache aux protéines du sérum que 80 % des lipides auxquels elles sont liées. Or les lipides demeurant alors fixés aux protéines sériques sont essentiellement constitués par des phospholipides [céphalines ⁽⁴⁾], auxquels certains auteurs attribuent l'insolubilité dans l'eau des euglobulines [Went et collaborateurs; F. Tayeau ⁽⁶⁾]. C'est pourquoi nous avons répété nos expériences en dialysant pendant quatre jours contre de l'eau distillée les protéines d'un sérum de Cheval totalement délipidées selon la technique classique de Hardy et Gardiner (alcool-éther anhydre à -10°). Dans ces conditions le contenu des dialyseurs, dont le pH en fin d'opération est supérieur à 6,0, demeure homogène, mais l'acidification des solutions dialysées provoque une précipitation atteignant son intensité maxima à pH 5,0-5,2 et portant alors sur environ 30 % des protéines totales. Le sérum paraît donc, après délipidation complète, être dépourvu de l'euglobuline P_{III} , précipitant à pH 6,2-6,5 par dialyse ou même en milieu neutre par simple dilution, avant extraction des lipides. En revanche il renferme en proportion anormalement élevée des constituants protéiques précipitables par dialyse et acidification à pH 5,0-5,2, répondant à la définition des euglobulines P_I et P_{II} .

La confrontation des courbes de solubilité en présence de mélange équimoléculaire de phosphates mono- et dipotassique de pH 6,5 à concentration crois-

⁽²⁾ *Brit. Journ. of exper. Pathol.*, 6, 1915, p. 180.

⁽³⁾ *Bull. Soc. Chim. biol.*, 23, 1941, p. 49.

⁽⁴⁾ *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1108.

⁽⁵⁾ *Journ. biol. Chem.*, 137, 1941, p. 495.

⁽⁶⁾ *Bull. Soc. Chim. biol.*, 26, 1944, p. 133.

sante, établies à 25° sur la fraction protéique du sérum totalement délipidé précipitant par dialyse à pH 5,2 et sur les protéines totales du sérum naturelles ou délipidées, permet, dans une certaine mesure, d'interpréter les résultats obtenus. Les modifications subies par les protéines sériques au cours de leur délipidation par la méthode de Hardy et Gardiner sont de même nature, mais beaucoup plus accentuées que celles consécutives à la même opération réalisée par le procédé de Blix⁽⁷⁾. Le taux d'un des constituants globuliniques de faible solubilité (fraction I_{IV}) s'accroît alors jusqu'à atteindre 30 % des protéines totales et, en compensation, celui des albumines s'abaisse jusqu'à 15 % de celles-ci. La fraction I_{IV}, correspondant vraisemblablement à un complexe globulino-albuminique, représente près de 50 % des protéines précipitées par dialyse et acidification du sérum délipidé, lesquelles renferment en outre des constituants que leur courbe de relargage en présence de sels neutres et leur insolubilité dans l'eau pure à pH 5,0-5,2 permettent d'identifier aux euglobulines P_I et P_{II} de Green⁽⁸⁾.

Dès lors les hypothèses de travail suivantes paraissent devoir être formulées en conclusion des résultats de nos recherches. La délipidation totale des protéines du sérum (méthode de Hardy et Gardiner) entraîne la formation d'un complexe protéido-protéidique renfermant une partie importante des albumines et la totalité de l'euglobuline P_{III} de Green⁽⁹⁾ (γ-euglobuline de pH_i 6,28). En milieu aqueux pur et à pH 5,2, ce complexe, alors à l'état isoélectrique comme les euglobulines P_I et P_{II} (pH_i 5,0-5,2), précipiterait avec ces dernières, dont la délipidation ne modifie pas les caractères de solubilité dans l'eau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action des hypobromites alcalins sur le glycogène.*

Note de MM. **CHRISTIAN DUMAZERT** et **RENÉ SENEQUIER**, présentée par M. Maurice Javillier.

Après que M. Hoenig et W. Ruzicka⁽¹⁾ eurent isolé l'acide maltobionique des produits de l'oxydation de l'amidon par les hypobromites alcalins, C. Dumazert et H. Lehr⁽²⁾ ont montré qu'il se produit également de l'acide

(7) J. ROCHE et Y. DERRIEN, *C. R. Soc. Biol.*, **139**, 1945 (sous presse). On trouvera dans cette Note et dans les précédentes de la même série la nomenclature à laquelle nous nous sommes arrêtés pour désigner les diverses fractions des globulines du sérum que nous avons individualisées par leur solubilité dans des milieux de concentration croissante en sels neutres.

(8) J. ROCHE, Y. DERRIEN et S. MANDEL, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944 (sous presse).

(9) H. SVENSSON, *Journ. biol. Chem.*, **139**, 1941, p. 805.

(1) *Biochem. Zeits.*, **218**, 1930, pp. 397-401.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **23**, 1941, pp. 1289-1295.

maltosidogluconique. Le travail résumé dans cette Note est consacré à l'étude de l'oxydation du glycogène par le brome en milieu alcalin au moyen des techniques que nous avons utilisées au cours des recherches poursuivies antérieurement sur l'amidon. Son but est de mettre en évidence les analogies de structure entre le premier et le second des deux osides colloïdaux.

Sur 5^s de glycogène pur, extrait du foie de Chien par la méthode de Rona et van Eveyk, nous avons fait agir, à froid, de l'hypobromite de potassium (10^s de Br² dans 100^{cm}³ de KOH à 10 %) et isolé, par précipitations alcooliques répétées, un produit brut sous la forme d'une poudre blanche, hygroscopique (rendement 80 %), présentant un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D + 120^\circ$, renfermant 17 % de cendres et 8 % de potassium, dont les solutions aqueuses ne se colorent pas par l'iode et ne réduisent la liqueur de Fehling qu'après hydrolyse; cette dernière ne donne naissance qu'à des traces d'acide glycuronique ou de ses isomères. Nous avons purifié ce produit, par précipitation fractionnée, au moyen de l'alcool en présence d'acide acétique et obtenu, avec un rendement de 40 à 50 %, un corps de propriétés constantes dont le pouvoir rotatoire est égal à $[\alpha]_D + 142^\circ$, le taux des cendres à 1 % et celui du potassium à 0,25 %. Ce corps n'est pas attaqué par l'amylase; ses solutions aqueuses ont une réaction acide et ne réduisent pas la liqueur de Fehling. Sa composition centésimale, déterminée par microanalyse, répond à C¹⁸H³²O¹⁷ :

	C.	H.
Trouvé (%)	41,12	6,10
Calculé pour C ¹⁸ H ³² O ¹⁷	41,52	6,20

Après hydrolyse acide complète de ce corps, nous avons caractérisé d'une part l'acide gluconique par la formation de son sel de baryum (teneur en baryum du sel isolé, 26,52 %; calculé pour $[\text{C}^6\text{H}^{11}\text{O}^7]^2\text{Ba}$, 26,05 %), et d'autre part le glucose par l'obtention de cristaux caractéristiques de glucosazone fondant à 230-232° C. au bloc Maquenne. D'autre part le dosage du glucose par la méthode iodométrique, spécifique des aldoses, dans l'hydrolysât, nous a indiqué une teneur de 68^s,20 de glucose %, valeur qui cadre avec l'existence de deux molécules de glucose pour une d'acide gluconique dans la substance étudiée (calculé pour C¹⁸H³²O¹⁷ 69^s,23 de glucose %). Les sels basiques de calcium et de baryum de cette substance ont été analysés; voici les résultats obtenus :

	Sel de... calcium.	baryum.
Trouvé (g %)	7,50	21,22
Calculé pour (C ¹⁸ H ³¹ O ¹⁷) ² Me, MeO	7,07	20,68

Le dosage iodométrique du glucose, après hydrolyse complète du sel de calcium, conduit à la valeur moyenne de 61^s,65 de glucose % [calculé pour (C¹⁸H³¹O¹⁷)²Ca, CaO, 63,38 %] qui confirme le résultat précédent.

L'ensemble des données obtenues montre que le fractionnement du produit brut résultant de l'oxydation du glycogène par le brome en milieu alcalin, permet d'isoler une substance de formule $C^{18}H^{32}O^{17}$, constituée par deux molécules de glucose et une d'acide gluconique, composition répondant à celle de l'acide maltosidogluconique. Dans les conditions où nous nous sommes placés, ce corps est un des produits principaux de la réaction. Il prend naissance à la suite d'un processus d'oxydo-hydrolyse, qui évolue identiquement aussi bien à partir du glycogène que de l'amidon. Cette réaction fournit également de l'acide maltobionique dans ce dernier cas (Hoenig et Ruzicka), et il est vraisemblable qu'il en est de même du glycogène. Cette identité de comportement des deux osides colloïdaux traduit les analogies de structure du glycogène et de l'amidon et montre en outre qu'il doit exister entre les molécules de glucose qui les constituent des liaisons relativement plus labiles que d'autres, et dont l'ordre est tel que leur rupture aboutit à la formation de molécules formées soit de deux, soit de trois unités en C_6 . Ce fait conduit à envisager une périodicité de structure dont la détermination exacte représente, à notre sens, un aspect important du problème de la constitution du glycogène et de l'amidon.

A 16^h10^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h45^m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **FRANK SCHLESINGER**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 10 juillet 1943.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 31 mars 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **NIELS BOHR** pour occuper, parmi les Associés étrangers, la place vacante par la mort de Sir *J. J. Thomson*.

Il est donné lecture de ce décret.

RAPPORTS.

Le Calculateur mental Maurice Dagbert,
par MM. **GASTON FAYET**, **JEAN CHAZY** et **JOSEPH PÉRÈS**.

A la demande de MM. les Secrétaires perpétuels, nous avons examiné, le 10 mars dernier, le Calculateur mental Maurice Dagbert, qui désirait être présenté à l'Académie. Les résultats de cet examen ont été concluants et nous paraissent mériter d'être résumés dans les *Comptes rendus*.

La puissance de calcul de M. Dagbert paraît être comparable à celle de Jacques Inaudi, présenté à l'Académie par Darboux en 1892⁽¹⁾. Comme Inaudi, M. Dagbert est servi par une mémoire exceptionnelle. Il nous a déclaré combiner les chiffres à l'aide d'images extrêmement vives, qu'il obtient en fermant les yeux ou fixant un objet blanc (le plafond de la salle où il opère, par exemple). Il voit les chiffres apparaître, à mesure qu'il les entend énoncer, comme s'il les avait écrits lui-même sur un tableau.

L'un des exercices qu'exécute M. Dagbert témoigne de cette faculté d'évocation précise et durable : c'est l'addition de 6 ou 10 nombres de 6 chiffres qui

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 275.

lui sont dictés, par tranches de 2 chiffres énoncées dans un ordre quelconque, de façon à remplir toutes les cases d'un tableau à 3 colonnes et 6 ou 10 lignes. M. Dagbert, qui tourne le dos au tableau, effectue l'opération comme s'il avait les nombres sous les yeux.

Au cours de la séance du 10 mars, qui a duré 2 h. 30 min., M. Dagbert a eu l'occasion d'effectuer des calculs variés (calendrier perpétuel pour les dates grégoriennes ou juliennes, multiplications, puissances et extraction de racines). Les détails sont consignés dans un procès-verbal de la réunion qui sera versé aux Archives de l'Académie. A titre d'exemple indiquons que, en 2 min. environ, il a obtenu les racines exactes

$$\sqrt[3]{484.050.967.814.413} = 78.517$$

et

$$\sqrt[3]{50.260.731.820.489.949} = 2.189$$

et, en 1 min. 25 sec., les 3 premiers chiffres (47,2) de la racine cubique, non entière

$$\sqrt[3]{105.828}.$$

M. Dagbert n'a fait que des études primaires et ses connaissances mathématiques, même en Algèbre élémentaire, sont à peu près nulles. Son goût pour le calcul a été très précoce et une visite qu'il a faite à Inaudi, lorsqu'il avait 14 ans, l'a amené à un effort personnel qui, évidemment, a été très fructueux. Il nous a dit avoir obtenu seul les règles qu'il utilise dans ces calculs, règles qui, pour lui, sont purement empiriques et dont il ne s'explique pas les raisons. Il nous a donné l'exemple, particulièrement simple, de la règle qu'il emploie pour évaluer le cube d'un nombre de deux chiffres (*du*) : il utilise deux nombres *clés*, déterminés par le chiffre des unités *u*, qu'il sait par cœur, mais dont l'origine lui échappe. On reconnaît de suite que le premier nombre clé *x* est le chiffre des unités, le second *y* le nombre des dizaines dans $3u^2$. La règle de Dagbert apparaît alors comme résultant du développement du binôme $(10d + u)^3$, le calcul étant dirigé pour obtenir successivement les divers chiffres du résultat : u^3 donne le chiffre des unités et des retenues à reporter ; xu , auquel on ajoute le report, donne le chiffre des dizaines et de nouvelles retenues ; $(3ud + y)d$, en ajoutant les retenues, le chiffre des centaines ; enfin le report effectué, auquel on ajoute d^3 , donne les mille du résultat.

Il n'est pas surprenant dans ces conditions que M. Dagbert, dont la puissance de calcul et la rapidité sont remarquables dans les domaines qu'il connaît bien, soit dérouté par des questions très simples (telles que l'une des questions posées à Inaudi lors de sa présentation en 1892), mais nécessitant quelques transformations algébriques.

Après la clôture de la séance M. Dagbert a été présenté aux Membres de l'Académie et a exécuté devant eux quelques-uns des calculs mentaux fort compliqués dont il est capable.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de M. *Paul Sabatier*, décédé.

Le nombre des votants étant 41,

M. Pol Bouin	obtient	31 suffrages
M. Maurice Gignoux	»	6 »
M. Jules Haag	»	3 »
M. René Maire	»	1 »

M. **POL BOUIN**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **CHARLES COURTOT** est élu Correspondant pour la Section de Chimie en remplacement de Sir *William Pope*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **LUCIEN BALOZET** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.

M. **ALFRED LEMAN** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait d'une subvention accordée sur la *Fondation Villemot* en 1942.

ALGÈBRE. — *Sur l'équivalence de trois propositions de la théorie analytique des polynômes.* Note de M. **GERMÁN ANSCOEHA**, présentée par M. Paul Montel.

1. Étant donné un polynôme à coefficients complexes

$$F(x) = P(x) + iQ(x),$$

où $P(x)$ et $Q(x)$ sont des polynômes réels n'ayant pas de facteur commun, les propositions :

A. *Les zéros de $F(x)$ sont tous intérieurs à un même demi-plan par rapport à l'axe réel;*

B. *Les polynômes $P(x)$ et $Q(x)$ ont tous leurs zéros réels, simples et entrelacés;*

C. *Le polynôme*

$$pP(x) + qQ(x),$$

où p et q désignent des nombres réels arbitraires, a tous ses zéros réels; sont équivalentes.

L'équivalence de A et B constitue ce qu'on appelle le théorème de Biehler-Hermite ⁽¹⁾. Celle de B et C a été établie par M. Kakeya et M. P. Montel ⁽²⁾. D'autre part E. Laguerre ⁽³⁾ avait démontré que C est une conséquence de A.

Dans cette Note, nous démontrerons, d'une manière directe, que A est une conséquence de C. Nous donnerons aussi une nouvelle démonstration du fait que C entraîne B.

2. THÉORÈME. — *Non-A implique non-C.*

Remarquons tout d'abord que, $P(x)$ et $Q(x)$ n'ayant pas de facteur commun, $P(x)$ ne peut avoir de zéro réel. Considérons ensuite le cas où $F(x)$ admet un couple de zéros imaginaires conjugués. Soit donc α un nombre imaginaire, tel que $F(\alpha) = F(\bar{\alpha}) = 0$. En posant $\bar{F}(x) = P(x) - iQ(x)$, on aura

$$\begin{aligned} F(\alpha) &= P(\alpha) + iQ(\alpha) = 0, \\ \bar{F}(\bar{\alpha}) &= \bar{F}(\alpha) = P(\alpha) - iQ(\alpha) = 0; \end{aligned}$$

d'où, en particulier, $P(\alpha) = 0$, en contradiction avec C. Finalement, si $F(x)$ n'admet pas de zéros imaginaires conjugués, soient α et β deux zéros situés dans des demi-plans différents par rapport à l'axe réel. α et $\bar{\beta}$ seront dans un même demi-plan par rapport à cet axe, et nous aurons

$$\begin{aligned} F(\alpha) &= 0, & F(\bar{\beta}) &\neq 0, \\ \bar{F}(\alpha) &\neq 0, & \bar{F}(\bar{\beta}) &= 0. \end{aligned}$$

A cause de la continuité des valeurs absolues des polynomes, on peut donc affirmer que, au moins pour un point γ intérieur au segment déterminé par α et $\bar{\beta}$, on aura

$$|F(\gamma)| = |\bar{F}(\gamma)|.$$

Pour φ réel, convenablement choisi, on aura

$$e^{i\varphi}F(\gamma) + e^{-i\varphi}\bar{F}(\gamma) = 0,$$

et le polynome

$$\frac{1}{2}(e^{i\varphi}F(x) + e^{-i\varphi}\bar{F}(x)) = \cos\varphi P(x) + \sin\varphi Q(x)$$

admettra le zéro imaginaire γ , en opposition à C.

3. THÉORÈME. — *Non-B implique non-C.*

Si $P(x)$ ou $Q(x)$ n'ont pas tous leurs zéros réels, il n'y a rien à démontrer. Les autres cas de l'hypothèse assurent l'existence d'un segment ouvert de l'axe réel sans zéro d'un des polynomes et qui contient plusieurs zéros (distincts ou

⁽¹⁾ CH. BIEHLER, *Journal de Crelle*, 87, 1879, pp. 350-352; CH. HERMITE, *Bull. Soc. math.*, 7, 1880, pp. 128-131; *Œuvres*, III.

⁽²⁾ *Mathematica*, 5, 1931, pp. 110-129.

⁽³⁾ *Nouv. Ann. Math.*, 19, 1880, pp. 224-239; *Œuvres*, I.

non) de l'autre. Soit $Q(x)$ ce dernier. En effectuant, au besoin, une substitution linéaire réelle sur x , ce qui ne change pas essentiellement les conditions du théorème, on peut supposer que : 1° $P(x)$ et $Q(x)$ ont le même degré; 2° $P(x)$ a tous zéros négatifs; 3° $Q(x)$ a plusieurs zéros positifs. Dans ces conditions, si l'on pose

$$\begin{aligned} P(x) &= a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n \quad (a_0 > 0), \\ Q(x) &= b_0 x^n + b_1 x^{n-1} + \dots + b_n \quad (b_0 > 0), \end{aligned}$$

les a seront tous positifs et les b présenteront au moins deux variations. Soient b_h et b_k les coefficients positifs qui forment respectivement la première et la deuxième variation. On aura $0 \leq h < k \leq n$. Entre b_h et b_k il y a des coefficients négatifs; désignons-les par b_r, b_s, \dots, b_t . Soit maintenant

$$q = \min \left(-\frac{a_r}{b_r}, -\frac{a_s}{b_s}, \dots, -\frac{a_t}{b_t} \right) > 0,$$

et formons le polynôme

$$R(x) = P(x) + qQ(x) = c_0 x^n + c_1 x^{n-1} + \dots + c_n;$$

c_h et c_k sont positifs, tandis que tous les coefficients compris entre eux sont positifs ou nuls, l'un d'eux, au moins, étant nul. De la règle de Descartes résulte que $R(x)$ possède des zéros imaginaires. C. Q. F. D.

4. Si l'on supprime la condition que $P(x)$ et $Q(x)$ n'aient pas de facteur commun, on retrouve des propositions équivalentes en modifiant A et B de la façon suivante :

A'. Les zéros de $F(x)$ sont tous dans un même demi-plan (frontière incluse) par rapport à l'axe réel.

B'. Les polynômes $P(x)$ et $Q(x)$ ont tous leurs zéros réels et les polynômes $P(x)$ et $Q(x)$ obtenus par division de $P(x)$ et $Q(x)$ par leur p. g. c. d. ont leurs zéros simples et entrelacés.

HYDRAULIQUE. — Vérification de la méthode D. F. appliquée au calcul des chambres d'équilibre à section constante. Note de M. LÉOPOLD ESCANDE, présentée par M. Charles Camichel.

Nous avons appliqué la méthode D. F. (1) à l'étude de divers problèmes pour lesquels la théorie classique ou des résultats d'expériences permettent de se rendre compte du degré d'approximation obtenu.

1° Chambre d'équilibre ordinaire en négligeant les pertes de charge dans le canal d'amenée, fermeture instantanée de Q_0 à 0 :

$$Q_0 = 20 \text{ m}^3/\text{S}; \quad f = 10 \text{ m}^2; \quad L = 4000 \text{ m}; \quad F = 300 \text{ m}^2.$$

(1) Comptes rendus, 220, 1945, p. 35.

Le maximum obtenu pour Z par la méthode D. F. est égal à 7,385 contre $Z = 7,38$ m, donné par la théorie classique.

2° *Chambre d'équilibre ordinaire, en tenant compte des pertes de charge dans le canal d'amenée, fermeture instantanée de Q_0 à 0.*

L'exemple étudié correspond à des expériences faites antérieurement dans notre laboratoire.

$$F = 0,7854 \text{ m}^2; \quad f = 0,07068 \text{ m}^2; \quad L = 28,70 \text{ m}; \\ W_0 = 2,295 \text{ m/S}; \quad P_{W_0} = 0,77 \text{ m}.$$

Z_m désignant la cote du plan d'eau à la fin de la première montée et Z'_m à la fin de la descente consécutive, on obtient :

	Expérience.	Calcul théorique.	Méthode D. F.
Z_m	0,675	0,738	0,728
Z'_m	-0,42	-0,47	-0,473

3° *Chambre d'équilibre à étranglement, en tenant compte des pertes de charge dans le canal d'amenée, fermeture instantanée de Q_0 à 0 :*

$$F = 0,7854 \text{ m}^2; \quad f = 0,07068 \text{ m}^2; \quad L = 28,70 \text{ m}; \\ W_0 = 1,33 \text{ m/S}; \quad P_{W_0} = 0,64 \text{ m}; \quad R_0 = 0,353 \text{ m}.$$

Les valeurs maxima obtenues pour Z sont : par l'expérience 0,22 m; par la construction graphique classique, 0,243 m; par la méthode D. F., 0,234 m.

4° *Chambre d'équilibre ordinaire, fermeture linéaire de durée τ , de Q_0 à 0, en négligeant les pertes de charge :*

$$F = 300 \text{ m}^2; \quad f = 10 \text{ m}^2; \quad L = 4000 \text{ m}; \quad \tau = 100 \text{ S}; \quad Q_0 = 20 \text{ m}^3/\text{S}.$$

La théorie classique donne, pour le maximum de Z , la valeur 7,145 m, contre 7,183 m fourni par la méthode D. F.

5° *Chambre à étranglement, fermeture linéaire de durée τ , de Q_0 à 0, en tenant compte des pertes de charges (Usine de Saint-Cricq) :*

$$F = 95 \text{ m}^2; \quad f = 9,62 \text{ m}^2; \quad L = 1425 \text{ m}; \\ Q_0 = 20 \text{ m}^3/\text{S}; \quad P_{W_0} = 1,27 \text{ m}; \quad R_0 = 6,04 \text{ m}; \quad \tau = 119 \text{ S}.$$

Pour le maximum de Z on obtient, par la construction graphique classique, 4,09 m et, par la méthode D. F., 4,16 m.

6° *Chambre ordinaire, fermeture instantanée de Q_0 à Q_1 , en tenant compte des pertes de charge (Usine de Gripp) :*

$$F = 28 \text{ m}^2; \quad f = 2,40 \text{ m}^2; \quad L = 1,576 \text{ m}; \\ Q_0 = 2,065 \text{ m}^3/\text{S}; \quad Q_1 = 0,550 \text{ m}^3/\text{S}; \quad P_{W_0} = 0,845 \text{ m}.$$

La construction graphique classique donne, pour le maximum de Z , 1,725 m et, la méthode D. F., 1,76 m.

7° *Chambre ordinaire, ouverture instantanée de 0 à Q_0 , en tenant compte des pertes de charge :*

$$F = 300 \text{ m}^2; \quad f = 10 \text{ m}^2; \quad L = 4000 \text{ m}; \quad Q_0 = 20 \text{ m}^3/\text{S}; \quad P_{w_0} = 5,16 \text{ m}.$$

La construction graphique classique donne pour l'amplitude de la première descente 8,03 m et, la méthode D. F., 8,04 m.

8° *Chambre à étranglement, ouverture instantanée de 0 à Q_0 , en tenant compte des pertes de charge (Usine d'Artigues) :*

$$\begin{aligned} F &= 12,56 \text{ m}^2; & f &= 2,365 \text{ m}^2; & L &= 2064,20 \text{ m}; \\ Q_0 &= 3,9 \text{ m}^3/\text{S}; & P_{w_0} &= 5,35 \text{ m}; & R_0 &= 8,32 \text{ m}. \end{aligned}$$

On trouve, pour l'amplitude de la première descente, par la méthode graphique classique, 8,10 m, par la méthode D. F., 8,075 m.

Les résultats précédents montrent avec quelle haute précision la méthode D. F. s'applique au calcul de chambres d'équilibre à section constante.

ASTROPHYSIQUE. — *Les raies interdites du fer doublement et simplement ionisé dans le spectre de la nébuleuse d'Orion.* Note de MM. TCHENG MAO-LIN et JEAN DUFAY, présentée par M. Charles Fabry.

1. Le spectre de la nébuleuse d'Orion a été photographié avec un spectrographe à fente monté sur le télescope de 120^{cm} de diamètre de l'Observatoire de Haute-Provence.

En prolongeant les poses jusqu'à 11^h 30^m, sur plaque Guillemot *Superfulgur*, nous avons mis en évidence, dans l'intervalle 3700-5000 Å, plus de 50 raies d'émission, dont près de la moitié ne figuraient pas dans la liste publiée par H. W. Wright (1). Leurs longueurs d'onde ont été mesurées au microscope et sur des enregistrements microphotométriques.

2. Parmi les raies nouvelles, nous identifions le multiplet interdit $^5D - ^3F$ de l'atome de fer doublement ionisé, dont toutes les composantes semblent présentes, avec des intensités relatives comparables à celles qui ont été observées dans le spectre de l'étoile R. Y. Scuti (2) (tableau ci-dessous). La

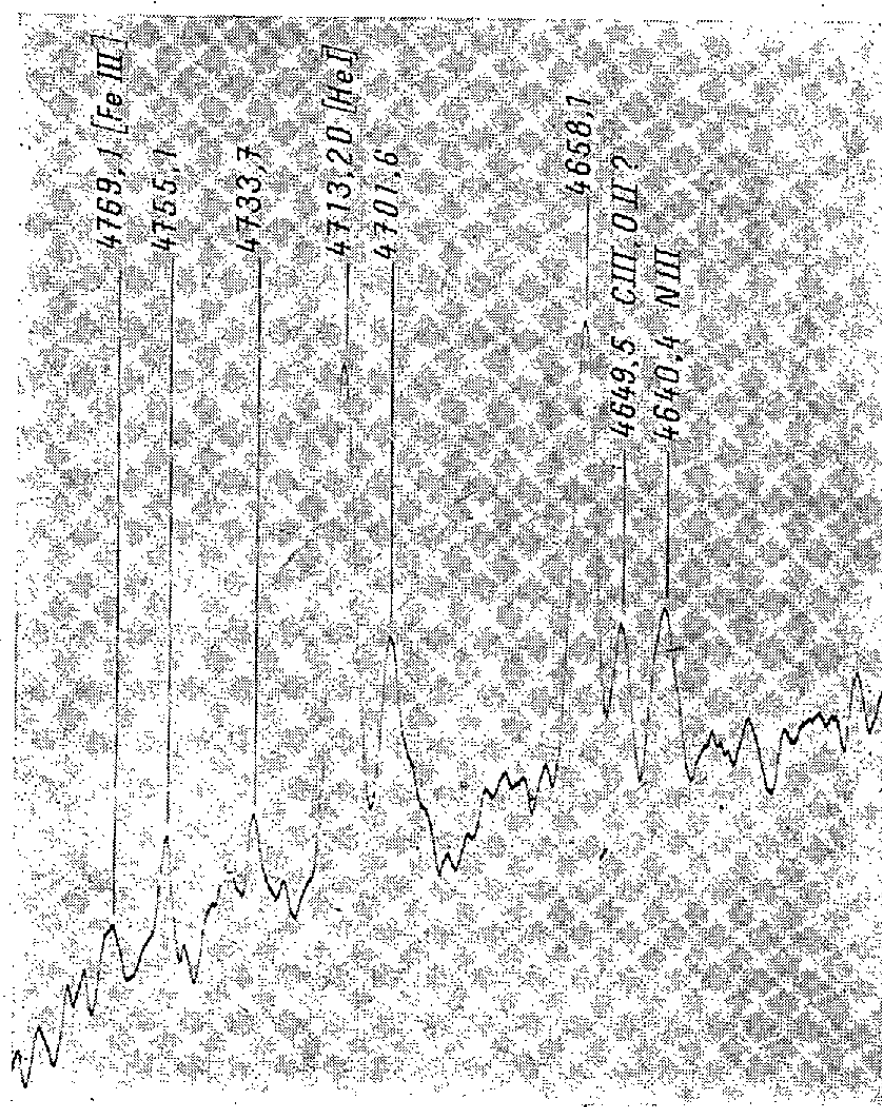
Nébuleuse d'Orion.		R Y Scuti (2).		Fe III (3).	Transitions.
4658,1	14	4658,08	4	4658,4	[3 d^6 $^5D_4 - 3 d^6$ 3F_4]
4701,6	7	4701,5	2	4701,8	[3 d^6 $^5D_3 - 3 d^6$ 3F_3]
4733,7	2	4733,6	1*	4734,0	[3 d^6 $^5D_2 - 3 d^6$ 3F_2]
4755,5	2	4755,1	1	4755,1	[3 d^6 $^5D_3 - 3 d^6$ 3F_4]
4769,1	1,5	4770	1	4769,5	[3 d^6 $^5D_2 - 3 d^6$ 3F_3]

(1) *Publications of the Lick Observatory*, 13, 1918, p. 193.

(2) P. W. MERRILL, *Astrophysical Journal*, 67, 1928, p. 179.

(3) Longueurs d'onde calculées par Edlén et Swings (B. EDLÉN, *Observations of Novae*, Paris, 1941, p. 62).

précision de nos mesures est, dans cette région, de l'ordre de 0,1 à 0,2 Å pour les raies assez intenses; elle est moindre pour les trois dernières raies, bien plus faibles, qui, au microscope, ont un aspect diffus et n'ont pu être mesurées que sur les enregistrements. La raie 4658,1 Å avait seule été signalée par Wright (à 4658,2 Å) et n'avait pas reçu d'attribution; son intensité est tout à fait comparable à celle de la raie 4713,2 Å de l'hélium, comme on le voit sur la figure ci-dessous.



3. Plusieurs autres de nos raies faibles coïncident d'autre part avec les plus fortes raies interdites du fer simplement ionisé, comme le montre le tableau ci-dessous.

Nébuleuse d'Orion.		η Carinae (⁴).		Fe II (⁵).		Transitions.
4243,8	2	4243,93	8	4243,98	100	$[a\ ^4F_{4/2} - a\ ^4G_{5/2}]$
4276,8	2,5	4276,80	3,4	4276,84	55	$[a\ ^4F_{3/2} - a\ ^4G_{4/2}]$
4287,2	3	4287,31	10	4287,41	100	$[a\ ^6D_{4/2} - a\ ^6S_{2/2}]$
4414,8	3	4413,80	5,4	4413,78	60	$[a\ ^6D_{2/2} - a\ ^6S_{2/2}]$
		4416,38	9?	4416,28		$[a\ ^6D_{4/2} - b\ ^4F_{4/2}]$
4451,1	0,5	4452,02	3,5	4452,11	40	$[a\ ^6D_{1/2} - a\ ^6S_{2/2}]$
4813,8?	0	4814,50	5?	4814,56	100	$[a\ ^4F_{4/2} - b\ ^4F_{4/2}]$

Aucune autre attribution vraisemblable n'a été trouvée, sauf pour la raie

(⁴) P. W. MERRILL, *Astrophysical Journal*, 67, 1928, p. 391.

(⁵) I. S. BOWEN, *Review of Modern Physics*, 8, 1936, p. 80.

4 414,8 Å (peut-être double), qui est aussi très voisine des fortes raies 4 414,85 et 4 416,97 Å de l'oxygène ionisé. Ainsi la présence de l'ion Fe^* dans la nébuleuse d'Orion peut être considérée comme fort probable.

4. Les raies de $[\text{Fe III}]$ et $[\text{Fe II}]$ ne semblent pas avoir été caractérisées jusqu'ici dans les nébuleuses. Mais I. S. Bowen et A. B. Wyse ⁽⁶⁾ ont déjà trouvé les raies de $[\text{Fe V}]$ et $[\text{Fe VI}]$ dans les nébuleuses planétaires N. G. C. 7 027 et 7 662, et celles de $[\text{Fe VII}]$ dans N. G. C. 7 027 seulement, où l'ionisation atteint en général un degré plus élevé. Dans la nébuleuse d'Orion, l'absence des raies de He II montre que l'ionisation est beaucoup moins prononcée ⁽⁷⁾ et il n'est pas surprenant d'y trouver le fer doublement et simplement ionisé. Le fer est donc un élément commun dans les nébuleuses aussi bien que dans les étoiles.

GÉODÉSIE. — *Étude des mouvements du sol au moyen de nivellements de précision.*

Note de M. JEAN VIGNAL, présentée par M. Georges Perrier.

L'extrême précision du nivellement en fait l'arme de choix pour l'étude des mouvements du sol, brusques ou lents. Une ingénieuse méthode a été présentée en 1931 au Japon par Naomi Miyabe, et utilisée là-bas depuis lors avec grand succès. Nous allons montrer qu'on peut lui donner une forme différente, d'un emploi peut-être un peu plus commode.

Le problème est le suivant. Supposons qu'une portion du sol se déplace d'un bloc, à la manière d'un *panneau indéformable*. On dispose par hypothèse de nivellements *intérieurs* au panneau, effectués avant et après le mouvement. Ils ne peuvent déceler que l'*inclinaison* du panneau, c'est-à-dire sa rotation autour d'un axe horizontal. S'agissant de mouvements infiniment petits devant les dimensions du panneau, cette *inclinaison* est bien déterminée en ce qui concerne la direction de l'axe de rotation, l'angle et le sens de la rotation. Mais la position de l'axe est quelconque, on peut le faire passer n'importe où.

Pour définir l'*inclinaison* du panneau, nous considérerons la demi-verticale primitive d'un point A du panneau, dirigée vers le haut (*fig. 1*). Supposée liée au panneau, elle s'incline et fait avec sa direction initiale un *angle d'inclinaison* ε , très petit, et que nous regarderons comme positif. La projection horizontale AZ de cette demi-verticale déviée, appelée *direction d'inclinaison*, sera repérée par son *azimut d'inclinaison* θ_0 , c'est-à-dire par l'angle qu'elle fait, dans le plan horizontal, avec la direction du Nord géographique, cet angle θ_0 étant compté à partir du Nord, positivement vers l'Est, de 0 à 2π .

⁽⁶⁾ *Lick Observatory Bulletin*, 19, 1939, n° 495, p. 1.

⁽⁷⁾ C'est pourquoi l'attribution de la raie 4658,1 Å de la nébuleuse d'Orion à C IV (4658,6 Å) a toujours paru peu vraisemblable (R. H. Stoy, *Lick Observatory Bulletin*, 17, 1935, p. 179, n° 480).

Il s'agit de déterminer les deux éléments caractéristiques de l'inclinaison, θ_0 et ε , à l'aide des nivellements *intérieurs* au panneau, effectués avant et après le mouvement.

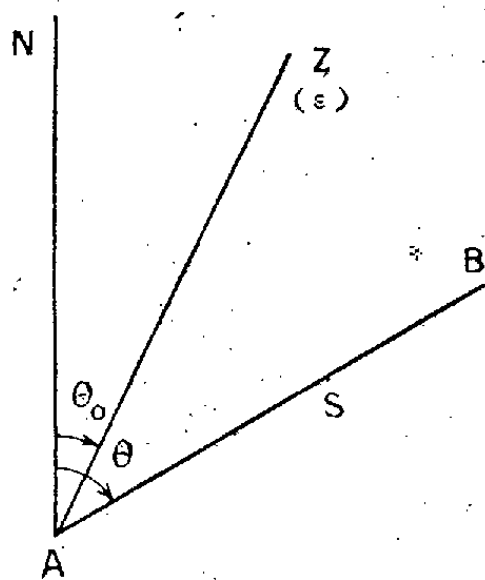


Fig. 1.

Méthode de la sinusoïde caractéristique. — La méthode de Naomi Miyabe, que l'on peut appeler méthode de la sinusoïde caractéristique, est la suivante.

Soient A et B deux points du panneau, S leur distance en projection horizontale, θ l'azimut de la direction AB (fig. 1).

Appelons h la différence de leurs altitudes H_A et H_B , $h = H_B - H_A$, et soit dh sa variation, révélée par la comparaison des nivellements initial et final. On démontre aisément la relation

$$\frac{dh}{S} = -\varepsilon \cos(\theta - \theta_0).$$

Il suffit donc, pour tous les couples de repères (A, B) du panneau, de porter en abscisses les azimuts θ et en ordonnées les quantités dh/S . On obtient une sinusoïde de période 2π (fig. 2), que nous appellerons la *sinusoïde caractéristique*,

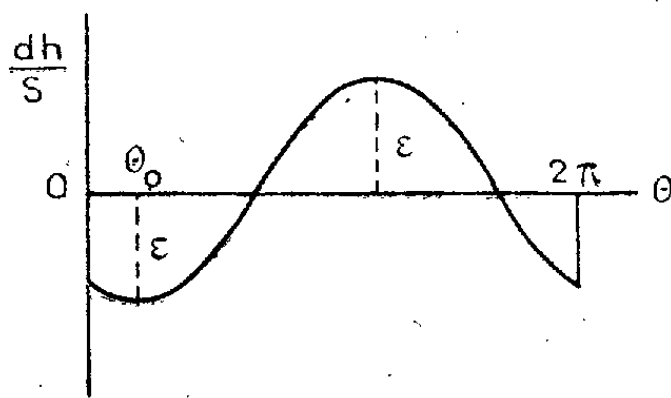


Fig. 2.

ristique, et qui fournit immédiatement les éléments θ_0 et ε caractéristiques de l'inclinaison.

Méthode de la droite caractéristique. — La méthode suivante a l'avantage de remplacer, comme courbe caractéristique, une sinusoïde par une droite.

Sur un diagramme, supposé placé dans le plan horizontal, considérons un

point O, et une demi-droite ON représentant la direction du Nord (fig. 3). A chaque couple de repères (A, B) du terrain faisons correspondre un

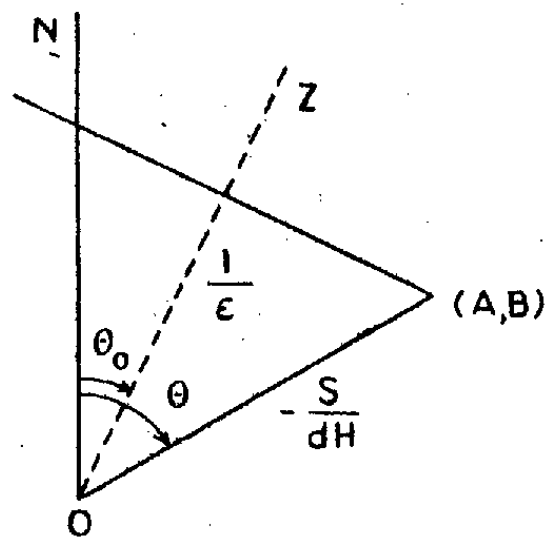


Fig. 3.

point (A, B) du diagramme, situé sur une droite orientée O(A, B) d'azimut θ , à une distance du point O égale en grandeur et signe à $-(S/dh)$.

On démontre sans peine que les points (A, B) se placent sur une droite appelée *droite caractéristique*. La *direction d'inclinaison* est la perpendiculaire OZ menée de O vers cette droite, elle définit l'azimut d'inclinaison θ_0 . L'*angle d'inclinaison* ϵ est l'inverse de la distance du point O à cette droite.

REMARQUE. — *Méthode du cercle caractéristique*. Pour éviter le risque d'avoir des points du diagramme à l'infini, on peut prendre, sur la droite orientée précédente O(A, B) d'azimut θ , un point (A, B) distant du point O de $-(dh/S)$.

Le lieu des points (A, B) est alors un *cercle caractéristique* passant par O, déduit par *inversion* de la droite caractéristique ci-dessus. La *direction d'inclinaison* est la direction OC de son centre C, elle fournit l'*azimut d'inclinaison* θ_0 . L'*angle d'inclinaison* ϵ est égal à son diamètre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'impossibilité d'un retour au déterminisme en microphysique*. Note ⁽¹⁾ de M^{me} PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER.

1. Le domaine d'adéquation D d'une théorie physique Th est constitué par la partie du champ expérimental C pour laquelle cette théorie fournit des prévisions exactes.

Les théories se classent de la façon suivante par rapport à l'adéquation :

1° Théories *complètement inadéquates* (D est vide). 2° Théories *parfaitement adéquates*, par exemple la mécanique newtonienne dans le domaine macroscopique ($D = C$, et la théorie restera adéquate dans D quelles que soient les extensions ultérieures de C, lesquelles entraînent le cas suivant). 3° Théories *partiellement adéquates* ($D \subset C$). 4° Théories *gauchement adéquates*, c'est-à-dire

⁽¹⁾ Séance du 26 mars 1945.

permettant parfois des prévisions exactes dans un certain champ expérimental tout en fournissant en même temps des prévisions inexactes, sans qu'il soit possible de délimiter d'une manière générale et simple un domaine d'adéquation.

Si l'on compare, sous le rapport de l'adéquation, deux théories (ou plusieurs deux par deux), les cas suivants peuvent se présenter : 1° Les deux théories Th_1 et Th_2 ont des domaines d'adéquation D_1 et D_2 complètement distincts au sein du champ expérimental. Elles doivent être envisagées simultanément jusqu'à ce qu'elles soient englobées ensemble dans une théorie plus vaste. 2° On a une théorie Th_0 parfaitement adéquate dans un certain domaine D_0 , et, à la suite d'un élargissement du champ expérimental, on édifie une nouvelle théorie Th_1 parfaitement ou partiellement adéquate dans le champ expérimental élargi, mais en tout cas adéquate au moins dans le domaine d'adéquation D_0 de Th_0 , c'est-à-dire donnant pour ce domaine les mêmes prévisions que Th_0 . Alors la théorie nouvelle Th_1 remplace Th_0 devenue inutile. 3° La théorie nouvelle a un domaine d'adéquation D_1 couvrant une partie du champ expérimental non couverte par Th_0 , mais ne contenant pas la totalité du domaine D_0 de Th_0 . Dans ce cas Th_0 doit être conservée en même temps que Th_1 ; les deux théories sont telles que $D_0 - D_1$ et $D_1 - D_0$ ne sont pas vides; dans la partie commune $D_0 \cap D_1$ elles doivent fournir pratiquement les mêmes prévisions.

En ce qui concerne les cas 1° et 3°, c'est-à-dire dans lesquels deux théories doivent être envisagées à la fois, il est toujours possible de définir une théorie Th résultant de l'unification des théories considérées ⁽²⁾. Son domaine d'adéquation est au moins la réunion de D_0 et de D_1 .

Il résulte de cette étude que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une théorie nouvelle Th remplace une théorie ancienne Th_0 est qu'elle fournisse pratiquement les mêmes prévisions que Th_0 dans le domaine d'adéquation D_0 , en possédant un domaine d'adéquation contenant D_0 ; autrement dit, qu'elle respecte la théorie ancienne dans son domaine d'adéquation.

2. Désignons par Th_0 la mécanique ondulatoire, théorie essentiellement indéterministe valable dans un certain domaine d'adéquation. Toute théorie future la remplaçant sous les conditions énoncées ci-dessus ne pourra être, elle aussi, qu'essentiellement indéterministe. Pour le prouver il suffit de montrer que, dans cette théorie, l'un au moins des deux critères de l'indéterminisme est réalisé ⁽³⁾, par exemple, celui de von Neumann d'après lequel une théorie est essentiellement indéterministe si, dans les cas purs, tous les écarts-types ne sont pas nuls; or ceci sera rempli s'il existe deux grandeurs A et B telles que le produit $\sigma_A \sigma_B$ des écarts-types est toujours borné inférieurement par un nombre positif.

⁽²⁾ J.-L. DESTOUCHES, *Principes fondamentaux de Physique théorique*, I, Chap. VI, Paris, 1942.

⁽³⁾ M^{me} P. DESTOUCHES-FÉVRIER, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 553.

Puisque la nouvelle théorie Th doit donner pour les mesures, dans le domaine d'adéquation D_0 , pratiquement les mêmes prévisions que Th_0 , les écarts-types dans cette théorie et pour ce domaine ne différeront de ceux de Th_0 que par des quantités très petites, que l'on peut poser par convention positives si les écarts-types dans la théorie nouvelle sont plus petits que dans Th_0 . Par exemple, si σ_{x_0} est l'écart-type pour la position et $\sigma_{p_{x,0}}$ l'écart-type pour la coordonnée x de la quantité de mouvement dans la théorie Th_0 , ces écarts-types deviendront, dans la nouvelle théorie Th,

$$\sigma'_x = \sigma_{x_0} - \varepsilon; \quad \sigma'_{p_{x,0}} = \sigma_{p_{x,0}} - \eta.$$

Calculons le produit des nouveaux écarts-types

$$\sigma'_x \sigma'_{p_x} \simeq \sigma_{x_0} \sigma_{p_{x,0}} - \varepsilon \sigma_{p_{x,0}} - \eta \sigma_{x_0}.$$

En vertu des relations d'incertitude de la mécanique ondulatoire, on aura

$$\sigma'_x \sigma'_{p_x} \geq \frac{\hbar}{2} - \varepsilon \sigma_{p_{x,0}} - \eta \sigma_{x_0},$$

où $\varepsilon \sigma_{p_{x,0}}$ et $\eta \sigma_{x_0}$ sont très petits devant $\hbar/2$, par conséquent on a bien

$$\sigma'_x \sigma'_{p_x} \geq a > 0.$$

Ceci montre que, dans la nouvelle théorie Th, jamais tous les écarts-types ne sont nuls en même temps, même dans les cas purs, et la théorie est essentiellement indéterministe en vertu du critère de von Neumann.

On peut arriver à la même conclusion en utilisant l'autre critère d'indéterminisme essentiel : si la théorie Th est déterministe, toutes les grandeurs seront simultanément mesurables, même au cas où l'on se trouve dans le domaine d'adéquation D_0 de Th_0 . Or une telle théorie ne peut donner les mêmes prévisions que Th_0 , par conséquent, comme Th doit donner dans D_0 pratiquement les mêmes prévisions que Th_0 , la théorie Th contiendra des grandeurs non simultanément mesurables en droit et, en vertu du second critère, sera essentiellement indéterministe; d'où ce théorème :

THÉORÈME. — *Toute théorie future remplaçant les théories quantiques actuelles (et ayant par suite un domaine d'adéquation contenant le domaine d'adéquation de ces théories) sera essentiellement indéterministe.*

PHYSICOLOGIQUE. — *Sur les règles de composabilité dans les logiques de la complémentarité de M^{me} Destouches-Février.* Note de
M. RENAUD DE BENGY-PUYVALLÉE.

Considérons des propositions expérimentales p, q, r , énonçant des résultats de mesures au moyen d'un appareil α_A pour une grandeur A, sur un système S dont le résultat s'exprimera par une famille

$$p_i = \text{Ré Mes}(\alpha_A, S) = \varepsilon_A;$$

des propositions p_1, p_2, \dots, p_n seront dites *composables entre elles* ⁽¹⁾ lorsque les grandeurs A_1, A_2, \dots, A_n dont elles énoncent les résultats de mesures, sont mesurables simultanément. Nous écrirons dans ce cas

$$\neq(p_1, p_2, \dots, p_n).$$

Dans le calcul des propositions nous devons donc introduire, au moyen d'un concept, une relation \neq pour exprimer la composabilité des propositions, relation qui est caractéristique d'une logique de complémentarité.

CONCEPT. — *Relation \neq .* — Sur cette relation nous admettrons les postulats suivants :

Postulat 1. — $\neq(p_1, p_2, \dots, p_n)$ est une proposition si p_1, p_2, \dots, p_n sont des propositions.

Le concept précédent nous conduit à définir une relation binaire par

$$p \neq q = d \neq(p, q);$$

$p \neq q$ signifie que les propositions p, q , sont composables, c'est-à-dire que le produit $p \& q$ est susceptible d'être vrai.

DÉFINITION. — *La négation de la relation de composabilité sera appelée relation d'incomposabilité*

$$p \parallel q = d(p \neq q).$$

Deux propositions incomposables ne peuvent jamais avoir leur produit logique $p \& q$ vrai, il peut être toujours absolument faux.

Postulat 2. $\vdash \sim \sim(p \neq q) \equiv .(p \neq q).$

Ce postulat est superflu si l'on a $\sim \sim r \equiv .r$ comme règle sur la négation.

Postulat 3. — Symétrie

$$p \neq q \equiv .q \neq p.$$

Postulat 4. — *n propositions sont composables entre elles si $n - 1$ sont composables entre elles et la $n^{\text{ième}}$ composable avec les $n - 1$ autres et inversement, soit*

$$\vdash \neq(p_1, p_2, \dots, p_n) \equiv : \neq(p_1, p_2, \dots, p_{n-1}) \& .p_1 \neq p_n \& .p_2 \neq p_n \& \dots \& .p_{n-1} \neq p_n.$$

Dans le cas des trois propositions p, q, r , on aurait simplement

$$\vdash \neq(p, q, r) \equiv : p \neq q \& .p \neq r \& .q \neq r.$$

Postulat 5. $\vdash \neq(p, q, r) : \rightarrow : p \neq q \& r.$

Postulat 6. $\vdash p \neq q \& .q \rightarrow r : \rightarrow : p \neq r.$

Postulat 7. $\vdash p \rightarrow q \& .p \rightarrow r : \rightarrow : q \neq r.$

Postulat 8. $\vdash p \neq p, \quad p = \sim p.$

(1) M^{lle} PAULETTE FÉVRIER, *Comptes rendus*, 204, 1937, pp. 481 et 988; *Communication au IX^e Congrès International de Philosophie*, Paris, 1937, fasc. 6, p. 88; M^{me} PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER, *Thèse*, Paris, 1945.

Postulat 9. — u désignant une proposition toujours vraie et O une proposition toujours absolument fausse, on a

$$u \neq p, \quad O \neq p.$$

Nous admettrons encore les postulats suivants qui font intervenir l'incomposabilité :

Postulat 10. $\vdash p \parallel q. \& . p \neq r. \& . q \neq s : \rightarrow : p \& r. \parallel. q \& s.$

Postulat 11. $\vdash p \& q. \parallel. r \& s : \rightarrow : p \parallel r. \vee. q \parallel r. \vee. q \parallel s.$

Postulat 12. $\vdash p \parallel q. \rightarrow . p \& q \equiv O.$

Enfin nous admettrons un postulat sur la composition des propositions obtenues comme relation entre propositions expérimentales.

Postulat 13. — R_1 et R_2 désignant l'un des signes $\rightarrow, \equiv, \neq, \parallel$, on a

$$\vdash p R_1 q \neq r R_2 s.$$

Ce système de postulats est consistant; on le démontre par application sur la théorie des grandeurs ⁽²⁾ en faisant correspondre univoquement une proposition à une grandeur, des propositions composables à des grandeurs composables, des propositions incomposables à des grandeurs incomposables. Il y a homomorphisme.

MÉTROLOGIE. — *Sur l'amortissement optimum d'un appareil de mesure pendulaire.* Note de M. **ANDRÉ MARTINOT-LAGARDE**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Dans l'emploi d'un appareil de mesure pendulaire, nous distinguons trois cas de calcul de l'amortissement optimum, c'est-à-dire de l'amortissement tel que les erreurs de mesure en régime variable restent du même ordre de grandeur que les erreurs en régime permanent.

2. Appelant pendulaire un appareil de mesure ayant un équipage dont le mouvement est régi par une équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants, désignant par $u(t)$ la valeur de la grandeur à mesurer et par $v(t)$ la valeur indiquée par l'appareil, écrivons l'équation différentielle en faisant apparaître la fréquence propre N_0 de l'appareil et son coefficient d'amortissement sans dimension f :

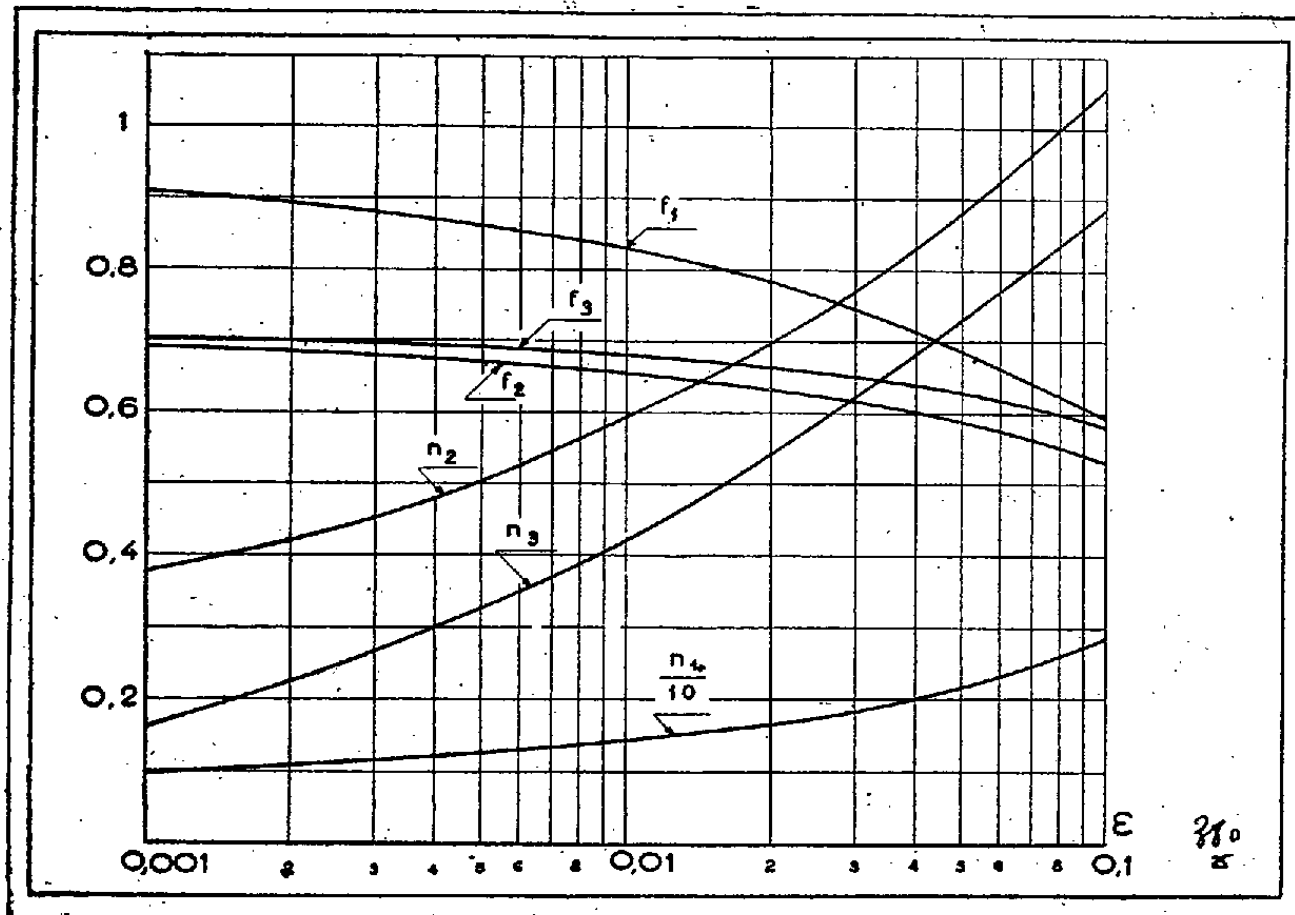
$$(1) \quad v(t) + \frac{f}{\pi N_0} v'(t) + \frac{1}{4\pi^2 N_0^2} v''(t) = u(t).$$

Soient ω_m la marge à laquelle reste inférieure l'erreur absolue sur les mesures faites quand u est constant et ω l'écart-type de cette erreur.

3. Supposons qu'on doive déterminer une suite de valeurs constantes de u ;

(²) J.-L. DESTOUCHES, *Journ. Phys.*, 8^e série, 7, pp. 354-360, Paris, 1942.

on sait qu'il existe un amortissement optimum, pour lequel le nombre de mesures possibles par unité de temps est maximum, sans que les erreurs dépassent ω_m . Soit U la marge des variations brusques de u ; soit V le premier maximum de v lorsque u a varié brusquement de u_0 à $u_0 + U$. L'amortissement optimum f_1 est celui pour lequel V est égal à $u_0 + U + \omega_m$, et la durée minimum d'une mesure est le temps τ qui s'écoule jusqu'à ce que v atteigne la



valeur $u_0 + U - \omega_m$. Soit $\varepsilon = \omega_m/U$; l'amortissement f_1 et le nombre de mesures n_1 qu'on peut faire dans la durée d'une période de l'appareil sont des fonctions déterminées de ε . La valeur limite de f_1 , quand ε est arbitrairement petit, est l'amortissement critique 1, auquel correspond $n_1 = 0$.

4. Supposons que l'appareil doive enregistrer une fonction $u(t)$ sensiblement égale à la somme de fonctions sinusoïdales u_N de fréquence $N = N_0 n$, inférieures à une certaine borne $N_e = N_0 n_e$. Soit σ l'écart-type de $v(t)$. Soit v_N la composante de $v(t)$ correspondant à la vibration u_N .

Le rapport de l'écart entre les amplitudes de u_N et de v_N à l'amplitude de v_N est

$$(2) \quad \delta = \left| \left[(1 - n^2)^2 + 4n^2 f^2 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right|.$$

Supposons qu'on ne veuille réduire au minimum que l'erreur sur les amplitudes, parce que les différences de phase sont sans influence sur les résultats cherchés (calcul de moyennes, de coefficients d'autocorrélation) : à un écart-type relatif donné $\varepsilon = \omega/\sigma$ correspond un amortissement optimum $f_2(\varepsilon)$, celui pour lequel le premier maximum de δ vaut ε ; il lui correspond aussi une valeur $n_2(\varepsilon)$ de la borne de fréquence réduite n_e , celle pour laquelle δ reprend la valeur ε .

Pour ε arbitrairement petit, les valeurs limites sont

$$f_2(0) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad n_2(0) = 0.$$

5. Supposons que, dans un enregistrement, on veuille réduire au minimum à la fois les erreurs d'amplitude et les erreurs dues aux différences de phase; on peut calculer pour toute composante u_N la différence entre sa valeur à une date t et la valeur $v_N[t + (\theta/N_0)]$ de la composante correspondante de v à une date postérieure. Le rapport η de l'amplitude de cette différence à l'amplitude de v_N vaut

$$(3) \quad \eta = [(1 - n^2 - \cos 2\pi n\theta)^2 + (2fn - \sin 2\pi n\theta)^2]^{\frac{1}{2}}.$$

Pour maintenir η petit dans un intervalle de variation $(0, n_e)$ de n , imposons-nous la condition que η , nul pour $n=0$, s'annule pour une autre valeur de $(0, n_e)$; η^2 étant une somme de deux carrés, on a deux relations, qui fixent f et θ . L'amortissement optimum $f_3(\varepsilon)$ est celui pour lequel le premier maximum de η vaut ε ; il lui correspond une valeur $n_3(\varepsilon)$ de la borne de fréquence réduite n_e , celle pour laquelle η reprend la valeur ε .

Pour $f=f_3(\varepsilon)$ et $N < N_0 n_3(\varepsilon)$, l'écart type de $(u - v)$ sera lui-même inférieur à l'écart-type de v multiplié par ε .

Pour une même valeur de ε , on a $f_3 > f_2$ et $n_3 < n_2$, mais les valeurs limites sont les mêmes.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre de recombinaison de la molécule d'azote.*

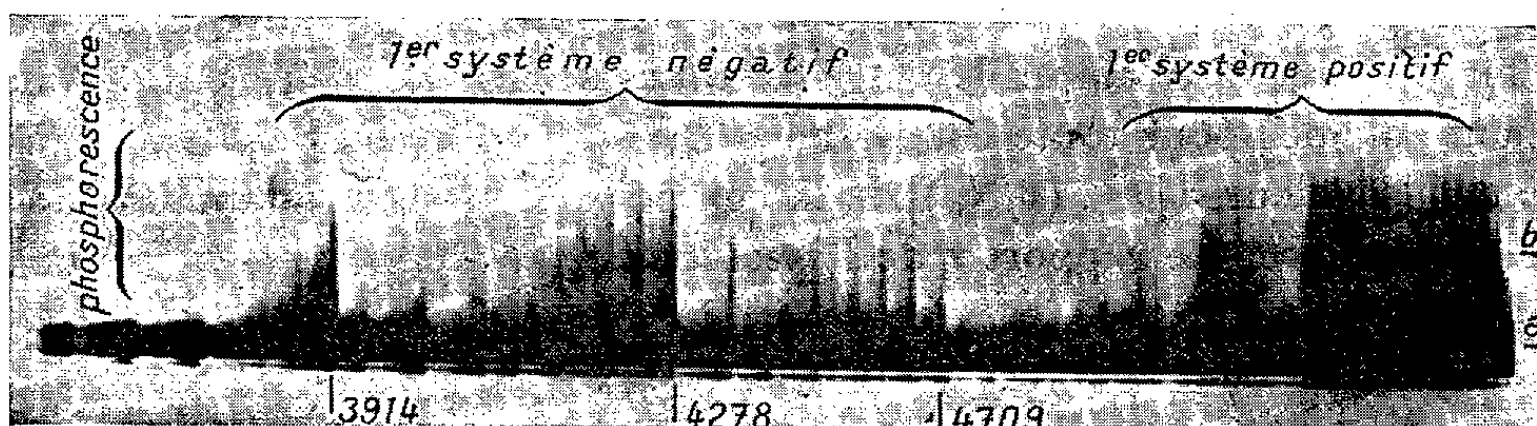
Note de M^{me} RENÉE HERMAN, présentée par M. Charles Fabry.

Les essais, faits au laboratoire, pour reproduire le spectre auroral de l'azote ayant donné des résultats contradictoires, j'ai essayé d'y apporter une contribution nouvelle en étudiant, à l'aide du phosphoroscope à impulsions de M. Pierre Lejay ⁽¹⁾, la luminescence de ce gaz, immédiatement après la suppression des oscillations électriques.

Le spectre ainsi obtenu se compose d'une partie intense, correspondant à l'excitation du gaz par les oscillations électriques pendant un temps de l'ordre de $6 \cdot 10^{-5}$ seconde (partie *a* de la figure); après l'arrêt des oscillations, une partie du spectre ci-dessus se prolonge pendant $7 \cdot 10^{-4}$ seconde environ et constitue une phosphorescence de l'azote (partie *b* de la figure). Le spectre de la décharge est composé des premier et second systèmes positifs et du premier groupe négatif; le spectre de la phosphorescence est constitué par les premiers systèmes, positif et négatif, le second système positif étant absent ou extrêmement faible. Ce dernier spectre est caractérisé par le fait que, seuls, appa-

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 69.

raissent les systèmes dont le niveau inférieur est métastable, soit le niveau fondamental de l'ion moléculaire $N_2^+(X' \ ^2\Sigma_g^+)$ pour le premier système négatif, et l'état métastable $N_2(A \ ^3\Sigma_u^+)$ pour le premier système positif. Dans le système



négatif les bandes à $\nu' > 0$ sont très exaltées, ce qui rappelle le spectre des aurores de haute altitude; dans le système positif on trouve également une exaltation des niveaux de vibration élevés, mais beaucoup moins prononcée que dans la phosphorescence verte.

Il est à remarquer qu'on ne trouve pratiquement pas d'exaltation des niveaux $B(\nu = 6)$ et $B(\nu = 11)$ dans le premier système positif, cette phosphorescence est donc entièrement différente de celle de Lord Rayleigh.

J. Kaplan ⁽²⁾ ayant affirmé avoir réussi à reproduire, au laboratoire, l'émission aurorale de la molécule d'azote, Cario et Stille ⁽³⁾ ont essayé, à plusieurs reprises et sans succès, d'exciter les bandes négatives de l'azote en phosphorescence. Ils en concluent que le système $B \ ^2\Sigma_u^+ \rightarrow X' \ ^2\Sigma_g^+$ n'existe pas en phosphorescence, mais provient de la décharge elle-même, par suite d'un défaut de synchronisation du stroboscope, toujours à craindre dans le cas d'interrupteurs mécaniques. Avec le stroboscope employé ici, on est à l'abri d'une telle objection, la synchronisation étant parfaite et la rupture très brusque. Dans le cas de la phosphorescence décrite ci-dessus, l'objection de Cario et Stille serait insoutenable, l'excitation apparente de la molécule étant considérablement plus élevée après l'arrêt des oscillations que pendant la décharge. Contrairement aux observations de Cario et Stille, le second système positif est très faible par rapport au système négatif. Le système obtenu ici présente une bien plus grande exaltation des bandes à $\nu' > 0$ que celui obtenu par Kaplan ⁽³⁾. Cette phosphorescence de courte durée est distincte de la phosphorescence de longue durée, signalée précédemment, qui contient des bandes relativement intenses du second système positif.

La composition spectrale de la phosphorescence montre la présence, dans le gaz, d'un grand nombre de molécules métastables neutres et ionisées. On peut

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 215, 1943, p. 506; 216, 1945, p. 492.

⁽³⁾ G. CARIO et U. STILLE, *Zeits. Physik*, 102, 1936, p. 317; 107, 1937, p. 396; U. STILLE, *ibid.*, 109, 1938, p. 491; J. KAPLAN, *ibid.*, 109, 1938, p. 750.

songer à un processus suggéré par Cario et Stille, consistant dans l'excitation des ions par chocs avec les molécules métastables $A^3\Sigma_u^+$ et émission du système négatif, mais, dans ce cas, les chocs entre deux molécules $A^3\Sigma_u^+$ devraient conduire à l'émission du second système positif, qui est pourtant très faible. D'autre part on ne s'explique pas l'exaltation des niveaux élevés de vibration, l'équilibre thermique devant être réalisé aux pressions utilisées (de l'ordre du millimètre de mercure). En ce qui concerne le premier système positif, le processus de Cario et Kaplan n'intervient pas ici (ce système ne présentant pratiquement pas d'exaltation pour $v' = 6$ ou 11).

Des phénomènes semblables, avec exaltation des niveaux élevés, ayant été observés dans le cas de la recombinaison d'ions atomiques, on peut se demander si l'on n'a pas affaire ici à une excitation par recombinaison des ions moléculaires avec les électrons libres dans le gaz. Ceci conduit à admettre l'existence d'ions N_2^{++} , deux fois ionisés, et d'ions N_2^+ , une fois ionisés, dont la recombinaison permettrait, respectivement, l'émission du premier système négatif et du premier système positif. Le champ de l'électron augmente; comme on le sait, les probabilités des transitions moléculaires et conduit à un nivellement des intensités des bandes dans une séquence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la solution de formaldéhyde.*

Note de M. **ROBERT SAUTEREY**.

On connaît depuis longtemps de nombreux polymères du formol obtenus à partir de sa solution. Auerbach ⁽¹⁾, Staudinger ⁽²⁾ et ses élèves ont étudié l'existence de ces polymères au sein de la solution (en particulier par cryoscopie).

Nous avons voulu étudier la solution en maintenant constantes les conditions physiques.

Nous avons étudié pour cela le dosage du formol par l'iode. Les résultats obtenus lors de ce dosage dépendent :

- A. du temps accordé à la réaction;
- B. de la quantité de soude ajoutée au milieu réagissant.

A. Nous avons reconnu que la durée de la réaction ne tient pas à l'action plus ou moins rapide de l'iode sur un ou plusieurs états du formaldéhyde dissous, mais à un équilibre entre ces états du formol et une forme oxydable instantanément.

Pour cela, nous avons traité des volumes identiques d'une solution de formol (pH 12) par un même volume de solutions d'iode plus ou moins concentrées (1 et 0,1 N). On acidifie immédiatement par ClH , pour neutraliser la soude, et l'on dose l'iode non attaqué par une solution titrée d'hyposulfite.

⁽¹⁾ *Arb. Kais. Gesundh. Amts*, 22, 1905, p. 607; 27, 1907, p. 183.

⁽²⁾ *Die hochmolekularen organischen Verbindungen*, pp. 224 et suiv.

Ce dosage montre que la concentration de l'iode n'influe pas sur la vitesse initiale.

Dans le cas étudié, pour une solution de formol contenant 26^s,7 au litre (0,89 mol/l), au pH 12, il existe à l'équilibre 4,8 % du formol total sous forme oxydable.

Nous avons montré d'autre part que cette forme oxydable n'est autre que le formol monomère.

Ce résultat était prévisible. Les formes polymères du formol (polyoxyméthylènes ou hydrates) comportent en effet des chaînes $=C-O-C-O-C=$ fermées ou non, qui doivent être rompues avant leur oxydation.

Nous avons pu oxyder le formol monomère par l'iode de la façon suivante. Le formol monomère gazeux, produit par la décomposition par la chaleur du trioxyméthylène, est recueilli dans un volume connu de solution d'iode titrée; après l'opération, l'iode en excès est dosé par l'hyposulfite.

On obtient les résultats suivants :

Formol absorbé (mg).....	48	67	73
Quantité d'iode calculée (cm ³).....	32	45	49
Iode attaqué (dosage) »	31,8	45,1	49

Il existe donc dans la solution de formol un équilibre entre la forme monomère et une ou plusieurs formes complexes.

B. ÉTUDE DE L'ÉQUILIBRE. — 1° *Influence de la concentration.* — Nous avons fait cette étude pour une solution de pH 12.

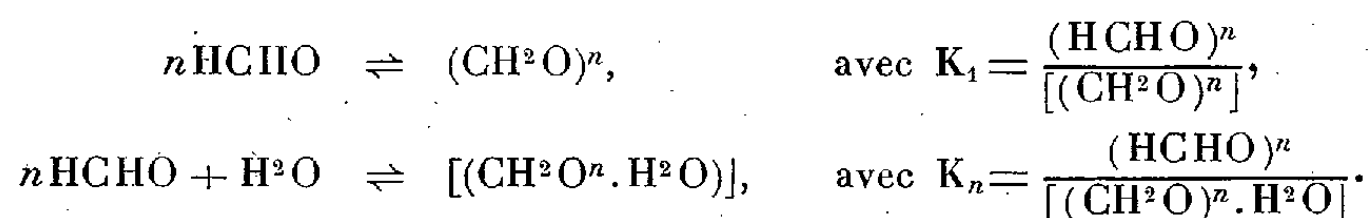
Nous ajustons la solution de formol pur au pH et à la concentration voulue par addition de potasse.

10^{cm³} de cette solution sont traités par un volume connu d'iode. Après quelques secondes d'agitation, on traite par 2^{cm³} d'acide chlorhydrique. On dose alors l'iode en excès.

De nombreux essais ont été faits pour les concentrations suivantes, exprimées en molécules de formol par litre : 0,89; 0,534; 0,445; 0,43; 0,34; 0,205; 0,125; 0,089; 0,0445.

Pour toutes ces concentrations, nous avons trouvé que le pourcentage de formol monomère était constant et égal à 4,8 %.

Dans la solution nous avons un des équilibres suivants :



D'après le résultat ci-dessus nous aurions donc pour le pH 12, dans la solution, un équilibre entre le formol monomère et une forme monomère hydratée. Le monomère représente 4,8 % du formol total.

2° *Influence du pH.* — Le mode opératoire est le même que précédemment.

Cette étude a été faite pour des concentrations moléculaires de 0,89; 0,445; 0,089; 0,045.

Pour les pH élevés nous retrouvons les résultats de l'étude précédente.

Nous donnons ci-dessous les résultats relatifs à une série d'expériences pour la concentration moléculaire de 0,445.

pH.	% de monomère.			
13,4.....	35,6	57,5	57,4	57,3
13.....	32	47	47,3	39,6
12,5.....	18,1	25,6	26,2	25,6
12.....	8,1	4,5	4,8	4,8
10,4.....		moins de 1	%	
9,3.....		»	0,1	

Les résultats soulignés sont ceux qui se retrouvent dans toutes les séries d'expériences pour toutes les contractions.

Les résultats anormaux proviennent de deux causes :

1° Abaissement du pH avant la fin de l'oxydation initiale, résultats trop faibles.

2° Résultats trop forts, pour avoir laissé l'équilibre se déplacer.

Nous constatons que le pourcentage de monomère présente une variation rapide à partir d'un pH de l'ordre de 11. Pour cette valeur il y a vraisemblablement un changement de structure à l'intérieur de la solution, une forme complexe se substituant à une autre forme complexe.

Des travaux sont actuellement en cours pour préciser et compléter l'étude de cet équilibre.

PHYSICOCHIMIE. — Nouvelle méthode d'étude de la diffusion dans les liquides.

Mesure des coefficients de diffusion. Note de M. ÉDOUARD CALVET, présentée par M. Charles Fabry.

Les nombreuses méthodes de mesure du coefficient de diffusion D , actuellement connues, reposent sur l'étude de cas particuliers d'intégration de l'équation différentielle de Fick

$$(1) \quad \frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2},$$

dans lesquels D est supposé constant vis-à-vis de la concentration c .

Or l'expérience a démontré que D est fonction de c et peut-être aussi du gradient de c . Toutes ces méthodes paraissent donc incorrectes.

J'ai cherché à opérer en sens inverse : j'ai obtenu *expérimentalement* la représentation graphique de la fonction $c = f(x, t)$ donnant la concentration à chaque instant t et à chaque niveau x d'une cuve dans laquelle se produit un processus quelconque de diffusion verticale. Les mesures de (dc/dt) et de (d^2c/dx^2) s'obtiennent alors par dérivation et l'on déduit leur quotient D .

Principe de la méthode utilisée. — Une double cuve à faces parallèles est remplie d'un côté par un liquide témoin (solvant pur ou solution homogène du corps étudié), de l'autre côté par le même liquide dans lequel le processus de diffusion se produit. Deux faisceaux lumineux provenant d'une double fente de Young dont *les rayons se propagent uniquement dans des plans horizontaux* traversent ces cuves. Ils interfèrent à la sortie et donnent des franges courbées qui dessinent les courbes $c = f(x)$ à chaque instant t de la diffusion. En effet chaque point d'une frange subit un déplacement horizontal proportionnel à la différence d'indice à chaque niveau dans les deux cuves et celle-ci est elle-même proportionnelle à la différence de concentration c .

D'autre part l'enregistrement photographique du déplacement des franges en fonction du temps donne expérimentalement les courbes $c = f(t)$ pour les points de la cuve situés à un niveau d'abscisse x .

On déduit de ces deux systèmes de courbes les dérivées partielles qui figurent dans l'équation de Fick.

Appareil interférentiel utilisé. — Un faisceau cylindrique horizontal de lumière monochromatique tombe sur une lentille cylindrique à axe vertical. La focale verticale se projette sur une fente F qui éclaire la double fente de Young. Chacun des faisceaux qui en proviennent passe par l'une des deux parties de la double cuve. Celle-ci n'est donc *traversée que par des rayons qui se propagent suivant des plans horizontaux*. Un objectif O donne ensuite l'image de la fente F dans le plan focal-objet d'une lentille cylindrique C de grande puissance, qui donne par conséquent des franges à l'infini. Le faisceau est coupé horizontalement par la fente de l'enregistreur photographique E. Un prisme équerre, monté sur charnière, escamotable, permet de le rejeter latéralement pour l'examen et la photographie du tableau de franges à une distance optique de O égale à OE. D'autre part la cuve et l'enregistreur sont dans des plans conjugués par rapport à l'objectif O (la lentille cylindrique C n'intervient pas dans la mise au point d'un segment de droite vertical pris dans le plan de la cuve). Nous appellerons G le grandissement correspondant.

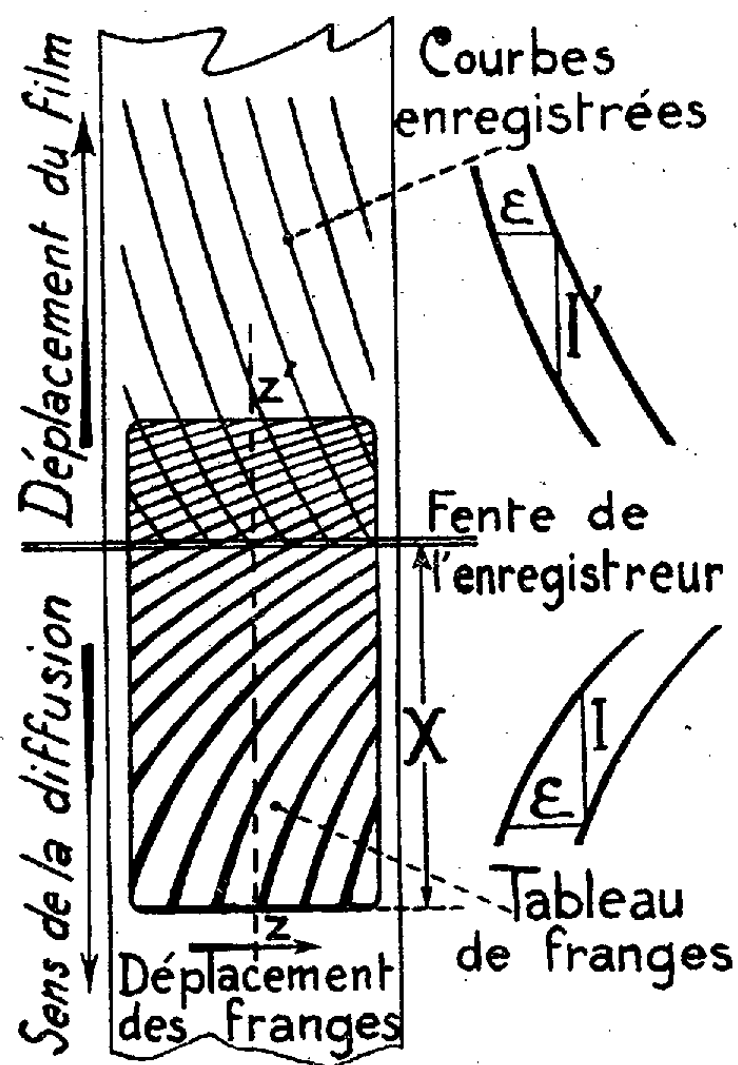
Mesure de d^2c/dx^2 . — La photographie du tableau de franges prise à différents instants t permet de suivre les phases du phénomène et aussi de mesurer, en chaque point de la cuve, $(dc/dx)_t$ et $(d^2c/dx^2)_t$. Pour cela on mesure, au comparateur ou au microphotomètre enregistreur, les intervalles *verticaux* successifs I qui séparent deux franges consécutives : I/G est la distance verticale de deux points de la cuve pour lesquels la concentration varie de la quantité constante $\Delta c = \varepsilon$ correspondant à l'interfrange compté *horizontalement*.

$$\left(\frac{dc}{dx}\right)_t = \varepsilon \frac{G}{I}.$$

On construit alors la courbe donnant $1/I$ en fonction de l'abscisse X comptée sur le tableau de franges ($X = G.x$). En désignant par a le coefficient angu-

laire de la tangente à cette courbe au point d'abscisse X , on a

$$(2) \quad \left(\frac{d^2 c}{dx^2} \right)_t = \varepsilon \cdot a \cdot G^2.$$



Mesure de dc/dt . — On a procédé par enregistrement photographique sur un film se déplaçant à la vitesse v derrière une fente fine horizontale. On enregistre des stries inclinées. La mesure des intervalles I' , entre ces stries comptés dans le sens du déplacement, donne $(dc/dt)_x$. On a

$$(3) \quad \frac{dc}{dt} = \varepsilon \frac{v}{I'}.$$

De (1), (2), (3), on déduit

$$D = \frac{v}{G^2 \cdot a \cdot I'}.$$

Cette méthode permet ainsi la mesure de D à n'importe quel instant t de la diffusion pour un point de niveau x , pris dans la cuve à diffusion.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la détermination du nombre des structures électromères possédant une même liaison ineffective.* Note de M. **RAYMOND DAUDEL** et M^{me} **ALBERTE PULLMAN**.


Généralités. — Le nombre de toutes les structures indépendantes possibles que l'on peut former pour un hydrocarbure aromatique donné a été évalué par Rumer. Pauling a montré comment on pouvait déterminer le poids de

chacune de ces structures et a fait remarquer que seules les structures non excitées et celles correspondant au premier degré d'excitation sont importantes ⁽¹⁾.

Wheland a mis au point une méthode permettant de calculer le nombre des structures canoniques possédant un degré d'excitation donné ⁽²⁾.

Swartholm utilisant ces travaux a pu calculer les densités électroniques existant en chaque point d'une molécule aromatique ⁽³⁾.

Dans le but d'exécuter rapidement des calculs de ce genre, nous voulons proposer un procédé simple de calcul du nombre des structures canoniques d'un composé donné possédant la même liaison ineffective et en montrer quelques applications.

Cas des chaînes droites  — Pour plus de commodité on place

tous les carbones sur un cercle ou une ellipse plus ou moins aplatie. On les numérote dans l'ordre où on les rencontre en décrivant la courbe fermée dans un sens arbitraire. On remarque tout d'abord que les liaisons ineffectives ne peuvent s'établir qu'entre deux carbones de parités différentes.

Il est facile de voir qu'à une chaîne de N noyaux correspondent $N + 1$ structures kékuléennes.

Il faut d'autre part distinguer deux types de carbones. Ceux qui n'appartiennent qu'à un seul noyau (nous les appellerons *carbones A* et les autres *carbones B*). En général, à un noyau benzénique correspondent deux représentations. Nous dirons qu'un noyau est bloqué quand il ne lui en correspond qu'une.

Avec ces définitions on montre aisément que :

1° toute liaison ineffective établie entre deux carbones A bloque tous les noyaux qu'elle traverse;

2° toute liaison ineffective établie entre un carbone A et un carbone B bloque tous les noyaux qu'elle traverse et tous les noyaux situés du côté de B;

3° toute liaison ineffective établie entre deux carbones B bloque tous les noyaux de la chaîne.

Si donc une chaîne possède N noyaux :

a. à une liaison du type 1° correspondent $n[N - \{n + (p - 1)\} + 1]$ structures, si n est le plus petit numéro d'ordre possible du noyau porteur de l'un des carbones A et p le nombre des noyaux traversés par la liaison;

b. à une liaison du type 2° correspond n représentations;

c. à une liaison du type 3° correspond une représentation.

Application. — Quelle est donc la liaison ineffective d'une chaîne droite

⁽¹⁾ *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 280.

⁽²⁾ *Ibid.*, 3, 1935, p. 356.

⁽³⁾ *Arkiv for Kemi-Mineral Geol.*, A, 15, 1941, n° 13.

donnée qui engendre le plus de structures? Cette liaison est évidemment du type 1°. Pour N et n donnés il faut que p soit minimum. Cette liaison est donc dewarienne. Il faut de plus que

$$\frac{d[n(N - n + 1)]}{dn} = 0,$$

d'où

$$n = \frac{N + 1}{2}.$$

Cette condition, qui ne se réalise que si N est impair, montre que, dans ce cas :

De toutes les formules que l'on peut écrire pour représenter un hydrocarbure aromatique linéaire, c'est la formule dewarienne symétrique qui est la plus importante.

Généralisation. — Ces règles, que l'on peut étendre immédiatement, en les complétant, au cas des hydrocarbures aromatiques quelconques, permettent le calcul rapide des densités électroniques, quand on admet que les structures du premier degré d'excitation ont toutes même poids.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sulfate basique de nickel.*

Note de M. JULES LAMURE.

J'ai repris l'étude des produits résultant de l'action du magnésium sur les solutions de sulfate de nickel de concentrations diverses à la température de 15°.

Le magnésium, porphyrisé au moment de l'emploi, est introduit toujours à raison de 1 atome pour 5 de nickel. Un temps de latence de l'ordre de quelques secondes, d'autant plus court que la solution est plus concentrée, correspond au dépôt d'une couche de nickel sur le magnésium. Le couple ainsi formé décompose alors vivement l'eau. L'hydrogène se dégage. Les ions $(\text{HO})^-$ libérés rendent la solution momentanément alcaline et précipitent l'hydroxyde de nickel, dont le produit de solubilité est inférieur à celui de la magnésie. La solution se trouble en même temps. L'hydroxyde s'unit au sulfate de nickel de la solution pour donner un sel basique, qui, malgré l'agitation, se dépose autour de chaque particule de magnésium, l'isole en partie et contribue à ralentir le dégagement d'hydrogène. Introduisant aussi une hétérogénéité nouvelle dans le système, cette couche est un des obstacles à l'étude de la cinétique de la réaction. Le dépôt, vert vif, continue à se former tant que se poursuit le dégagement d'hydrogène, puis se prolonge pendant un temps d'autant plus long que la dilution est plus grande. Il devient alors plus bleu, plus pâle, floconneux et reste facilement en suspension. Il est presque immédiat quand on porte la solution à l'ébullition. G. Gire ⁽¹⁾ a attribué à ces dépôts successifs la même formule SO^+Ni , 4NiO , 10OH^2 , après dessiccation à 100°.

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1646; *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 1, 1934, p. 1242.

Solubilité de l'hydroxyde de nickel dans les solutions de sulfate. — J'ai vérifié d'abord que l'hydroxyde de nickel, sous certaines formes au moins, peut se dissoudre dans les solutions de SO^4Ni avec formation de sel basique. Si celui qu'on obtient par action de HONa sur une solution saline de nickel ne semble pas se dissoudre (¹), par contre j'ai obtenu une dissolution nette de l'hydroxyde préparé de la façon suivante : une solution M/10 de Cl^2Ni est additionnée, sans excès, de HONH^4 jusqu'à dissolution complète de l'hydroxyde formé; l'ammoniac est ensuite éliminé par ébullition prolongée jusqu'à décoloration totale de la liqueur. L'hydroxyde précipite dans ces conditions sous forme de microcristaux vert pomme, se déposant aussitôt et présentant un spectre X bien défini et caractéristique.

En l'agitant pendant 48 heures avec une solution sensiblement normale de SO^4Ni , on constate :

- 1° que la solution s'appauvrit constamment en nickel, tandis que sa teneur en ions (SO^4) diminue d'abord pour revenir ensuite vers sa valeur primitive;
- 2° que l'insoluble conserve, malgré un lavage minutieux, une quantité appréciable d'ions (SO^4).

Ces résultats montrent :

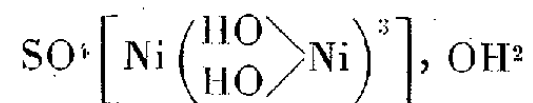
- 1° que l'hydroxyde peut se dissoudre dans les solutions de sulfate de nickel, pour donner une combinaison insoluble;
- 2° que le sel formé s'hydrolyse même en solution assez concentrée.

Formule de l'oxysulfate. — La différence d'allure des précipités obtenus pouvait laisser supposer une différence de composition. J'ai analysé, pour des concentrations initiales très variables, les dépôts vert franc, obtenus dès le début et ceux, plus bleus, formés lentement. Les nombreuses analyses effectuées montrent que :

- 1° les dépôts lents contiennent toujours, pour un ion (SO^4), un nombre d'atomes de nickel supérieur à celui des dépôts immédiats;
- 2° pour les concentrations comprises entre M/2 et M/10, le rapport $(\text{Ni})/\text{SO}^4$ reste sensiblement constant et voisin de 4, dans les dépôts immédiats;
- 3° la valeur de ce rapport augmente avec la dilution et la durée de formation des dépôts.

On peut donc conclure que la formule du sel obtenu tout d'abord dans ces conditions est $\text{SO}^4\text{Ni}, 3\text{NiO}, n\text{OH}^2$. L'hydrolyse commence dès sa formation, pour aboutir à un équilibre, d'autant plus vite établi entre le sel basique, SO^4Ni et $(\text{HO})^2\text{Ni}$ que la concentration de la solution est plus grande. Ce sel, très hydraté dès sa formation, s'effleurit rapidement à l'air. Après déshydratation entre 100° et 120°, il ne conserve que 4OH^2 ; au-dessus de 150° il perd encore une molécule d'eau, puis il noircit si l'on chauffe davantage, ne cédant les trois dernières molécules d'eau qu'en se décomposant. L'examen des spectres X obtenus aux différentes étapes de cette transformation confirme ces résultats.

Il semble donc possible de lui attribuer, comme O. Binder ⁽²⁾ l'a fait pour le sulfate basique de cuivre, la formule



et de le faire rentrer dans le groupe des *hexols* de A. Werner ⁽³⁾.

Pour des concentrations supérieures à M/2, le rapport Ni/SO₄ diminue et tend vers la valeur 2, ce qui indiquerait un mélange de l'oxysulfate précédent avec un autre SO₄Ni, NiO, *n*OH².

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isolement du dysprosium métallique.*

Note de M. FÉLIX TROMBE, présentée par M. Paul Lebeau.

Les éléments du groupe des terres rares sont actuellement bien définis dans leurs différents états d'ionisation. Sous forme métallique, ceux qui appartiennent au groupe *cérique* (La, Ce, Pr, Nd, Sm) ont été préparés à différents degrés de pureté. Par contre dans le groupe *yttrique*, comprenant avec l'yttrium les éléments de numéro atomique 63 à 71, les lacunes sont nombreuses. J'ai isolé, par dissociation thermique, de leurs alliages avec le cadmium, en 1934 le gadolinium (64) ⁽¹⁾, en 1938 l'euprimum (63) ⁽²⁾. En 1937, Klemm et Bommer ⁽³⁾, ayant obtenu des métaux yttriques très divisés dans une gangue de chlorures alcalins, n'ont pu les séparer de cette gangue.

Cette Note se rapporte à l'isolement de l'élément 66, le dysprosium, à l'état de métal.

L'ensemble du traitement de terres riches en dysprosium, commencé sous la direction de Georges Urbain, représente environ 15 000 cristallisations de nitrates simples dans l'acide nitrique. Les fractions centrales les plus pures, mais contenant encore de l'yttrium, sont traitées par précipitation basique à l'aide de gaz ammoniac ⁽⁴⁾. On obtient finalement un oxyde donnant seulement le spectre d'absorption du dysprosium et ayant une susceptibilité magnétique égale à $232,8 \cdot 10^{-6}$ à 20°C. (valeur actuellement admise pour Dy²O³ à 20°C.). L'oxyde de dysprosium, converti en chlorure anhydre fondu, en présence de chlorure de potassium, est électrolysé à 700-750°C. dans un mélange eutectique de chlorures alcalins (sodium et potassium). Le creuset d'électrolyse, en quartz, est protégé, dans sa partie inférieure, par une tôle de molybdène. L'anode est en graphite très pur, la cathode en molybdène plongé dans une masse de

⁽²⁾ *Ann. Chim.*, 11^e série, 5, 1936, p. 337.

⁽³⁾ *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4444.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 459.

⁽²⁾ *Ibid.*, 206, 1938, p. 1380.

⁽³⁾ *Z. anorg. allgem. Chem.*, 231, 1937, p. 138.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 539.

cadmium fondu. L'électrolyse donne un alliage de cadmium à 7,5 % de dysprosium. 60 % environ du métal contenu dans le chlorure initial peuvent être alliés au cadmium. La séparation du cadmium et du dysprosium est effectuée en tube de verre pyrex scellé. L'alliage, contenu dans un creuset de molybdène, entouré d'une tôle de même métal, est placé dans un tube de quartz, à une certaine distance de la paroi de verre. Un chauffage extérieur, réglé à 500° C. et prolongé 24 heures, provoque une distillation lente du cadmium sur une partie froide du tube. Il reste dans le creuset une éponge cohérente, très oxydable à l'air ($Dy > 50\%$), présentant la forme réduite de l'alliage initial. La suite de la purification thermique est faite toujours dans le même tube scellé, par induction haute fréquence dans le molybdène et l'alliage; à 1100° environ, le cadmium est totalement éliminé du dysprosium. A une température notablement supérieure, mais inférieure à 1500° C., le dysprosium fond et distille déjà légèrement sous vide.

Le métal préparé contient moins de 0,4 % de silicium.

Le dysprosium métallique est très fortement paramagnétique à la température ordinaire. Noir à l'état pulvérulent, et, après fusion, d'un blanc un peu moins clair que celui de l'argent, il est malléable et sa dureté peut être comparée à celle du cuivre. Beaucoup moins volatil que l'euporium, il paraît néanmoins l'être plus que le gadolinium. Comme celui-ci le dysprosium n'attaque pas l'eau à froid et s'oxyde nettement moins rapidement à l'air que les premiers métaux du groupe des terres rares.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétates acides et acétates hydratés de cadmium.*

Note de M. L. J. OLMER et M^{lle} MARINETTE GERBAULT.

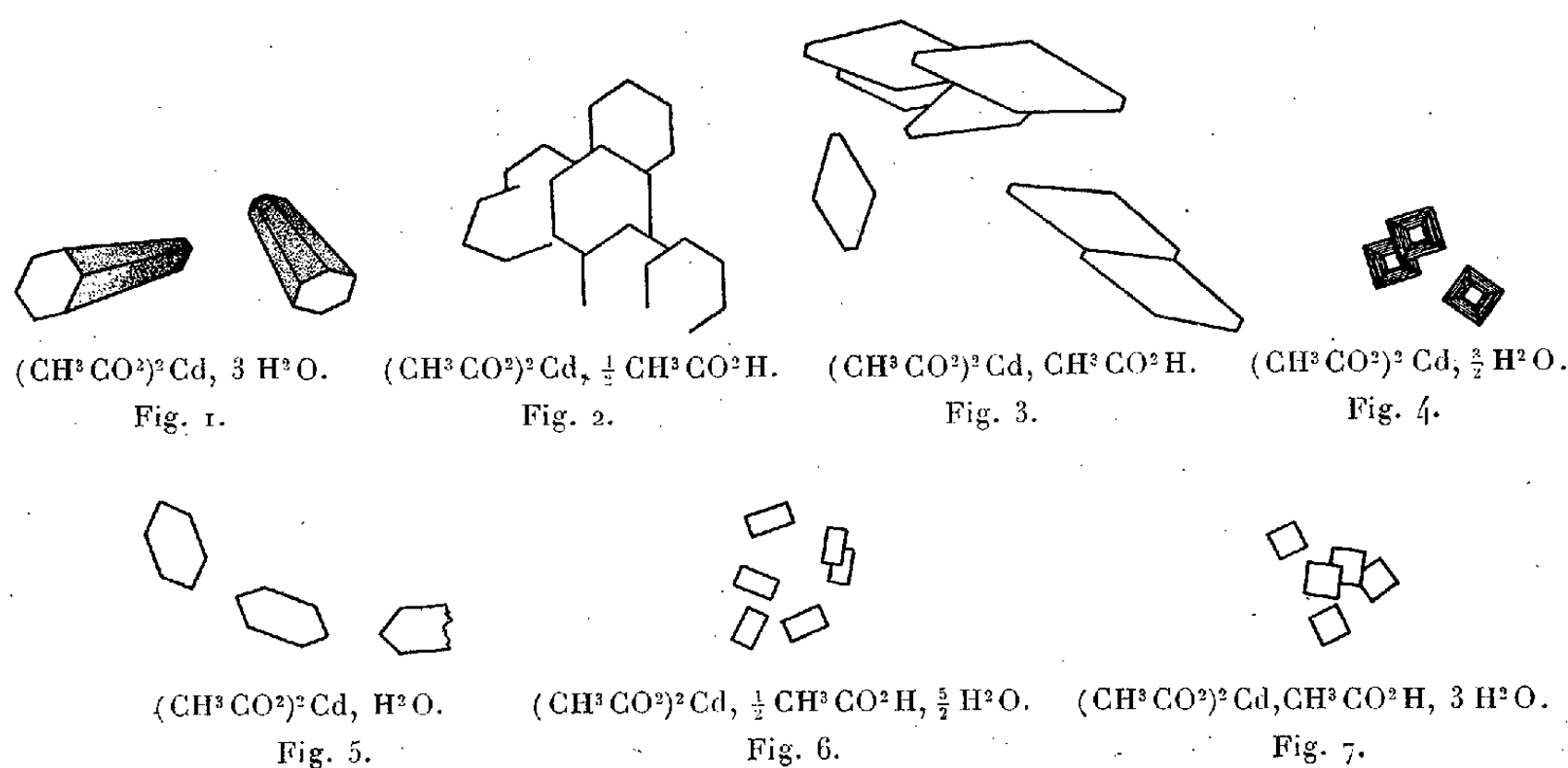
On n'a signalé jusqu'à présent que trois acétates de cadmium, l'un anhydre, l'autre à $3H^2O$, et un acétate à la fois acide et hydraté (¹), que nous n'avons pu retrouver. Nous avons préparé les composés suivants, non encore décrits :

1° *Acétate à 1/2 molécule d'acide acétique* $(CH^3CO^2)^2Cd, 0,5 CH^3CO^2H$. — Obtenu par l'action d'un excès d'anhydride acétique sur l'acétate à $3H^2O$, à 80°, pendant au moins 1 heure 1/2 à 2 heures, au réfrigérant ascendant, décantation de l'excès d'anhydride et séchage à la presse. Ce sont des lamelles hexagonales plates et brillantes, d'angle 120°, l'hexagone étant très régulier (*fig. 2*), très différentes du corps dont on est parti (*fig. 1*). Ces cristaux sont plus denses que l'eau, dans laquelle ils ne se dissolvent que très lentement, et insolubles dans l'alcool, l'éther et l'acide acétique. L'analyse donne la formule ci-dessus, avec une erreur moindre que 0,7 %.

2° *Acétate à 1 molécule d'acide acétique* $(CH^3CO^2)^2Cd, CH^3CO^2H$. — Obtenu par le même mode opératoire à 80°, mais en maintenant le contact au

(¹) W. C. CAGLE et W. C. VOSBURGH, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, pp. 414-415.

moins 10 heures; ou bien en maintenant à 15° l'acétate à 3H²O avec un excès d'anhydride acétique pendant 15 jours. On peut suivre chaque jour au microscope les transformations du corps primitif en le précédent, puis en acétate à une molécule d'acide. Ce sont des lamelles hexagonales allongées, presque des losanges (*fig. 3*), d'angles 140° et 110°, plus denses que l'eau, s'y dissolvant très lentement, insolubles dans l'alcool et l'éther. L'analyse donne la formule ci-dessus avec une erreur moindre que 0,3 %.



3° *Acétate à 3/2 molécules d'eau* $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\text{Cd}, 1,5\text{H}_2\text{O}.$ — Obtenu en laissant l'un des deux corps précédents sous une cloche dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau à 15°, jusqu'à poids constant. On obtient un liquide difficile à faire cristalliser, même à -3°, mais qui finit par cristalliser à 15°, par évaporation, en cristaux qui, au microscope, ont la forme de pyramides quadrangulaires tronquées, qui s'agglomèrent en trémies, visibles à l'œil nu (*fig. 4*). L'analyse ne donne qu'une précision de 3 %, à cause, probablement, de l'eau interposée dans les trémies.

Cagle et Vosburgh (1) ont signalé le composé $3(\text{CH}_3\text{CO}_2)\text{Cd}, 4\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}, 4\text{H}_2\text{O}$, qu'ils auraient obtenu par dissolution de l'acétate à 3H²O dans un mélange équimoléculaire d'eau et d'acide acétique. Par cette méthode nous n'avons obtenu que l'acétate à 1,5H²O, dont la forme en trémies et l'analyse correspondent au corps précédent.

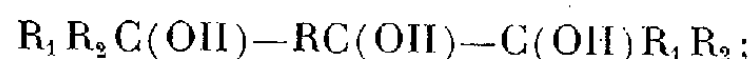
4° *Acétate à 1 molécule d'eau* $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\text{Cd}, \text{H}_2\text{O}.$ — Obtenu par un excès d'anhydride acétique sur l'hydroxyde $(\text{HO})_2\text{Cd}$ pendant trois heures sous agitation, à 55°. C'est une poudre blanche, qui, au microscope, est formée de lamelles à 6 côtés irréguliers (*fig. 5*), d'angles opposés 108°, les autres variant légèrement de 124 à 128°. Ces cristaux sont peu solubles dans l'eau froide, plus solubles à l'ébullition, où ils finissent par se transformer en acétate

à $3\text{H}^2\text{O}$. L'analyse donne la formule ci-dessus avec une erreur moindre que 1 %.

5° *Acétates à la fois acides et hydratés*. — Nous les avons obtenus par l'action d'un excès d'alcool à 95° sur les solutions saturées à froid des deux acétates acides précédents, puis évaporation à 50° . Dans les deux cas, on obtient des cristaux transparents, incolores, rectangulaires (*fig. 6 et 7*), que l'aspect seul ne permet pas de différencier. Les analyses conduisent, pour le premier, à $(\text{CH}^3\text{CO}^2)^2\text{Cd}$, $0,5\text{CH}^3\text{CO}^2\text{H}$, $2,5\text{H}^2\text{O}$ avec une précision de 1 % et pour le second à $(\text{CH}^3\text{CO}^2)^2\text{Cd}$, $\text{CH}^3\text{CO}^2\text{H}$, $3\text{H}^2\text{O}$, avec seulement la précision de 2 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de cétoles dans la réduction d'un mélange d'une cétone et d'un ester par le sodium en présence d'eau*. Note de M. **JOSEPH WIEMANN**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré ⁽¹⁾ que la réduction d'une cétone R_1COR_2 et d'un ester RCOOC^2H^3 par le sodium en présence d'eau donne le glycérol



les rendements étant faibles, j'ai essayé de mettre en évidence la formation d'autres produits, en vue surtout de saisir des composés intermédiaires, permettant d'élucider le mécanisme de réaction.

J'ai pu montrer ainsi qu'il se forme des cétoles; ceux-ci sont de deux types : partant de l'ester RCOOC^2H^3 et de la cétone R_1COR_2 , on obtient les cétoles $\text{R}-\text{CO}-\text{CHOH}-\text{R}$ et $\text{R}-\text{CO}-\text{C}(\text{OH})\text{R}_1\text{R}_2$.

Le premier est l'acyloïne, que donne la réduction par le sodium de l'ester en milieu anhydre, puis traitement par l'eau ⁽²⁾; la formation du cétole mixte n'a jamais été observée à notre connaissance dans ces conditions; on sait que la condensation en milieu anhydre donne des β -dicétones; celles-ci ne semblent pas se former ici; le mécanisme est donc entièrement différent; il doit faire intervenir les radicaux $\text{R}_1\text{R}_2\text{C}(\text{OH})-$ et $\text{R}-\text{CO}-$; ce dernier doit exister aussi dans la réduction des esters en milieu anhydre et donner des dicétones ⁽³⁾.

Ainsi, des produits de réduction du mélange d'acétone et d'acétate d'éthyle, j'ai pu extraire le méthyl-3 butanol-3 one-2, $\text{C}^5\text{H}^{10}\text{O}^2$; É 141-142°; semicarbazone F 163,5-164° (corrigé), oxime F 84,5-85°,5; on a indiqué É 142°, semicarbazone F 164-165° ⁽⁴⁾; oxime F 86° ⁽⁵⁾.

L'acétone et le propionate d'éthyle donnent : 1°, la propioïne $\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^2$ É 162-163°, semicarbazone F 140,5-141°; [Bouveault et Locquin ⁽²⁾ indiquent semicarbazone F 140°], et 2°, le méthyl-4 pentanol-4 one-3 $\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^2$ É 153°,5-154°,5, semicarbazone F 131,5-132°, si elle est chauffée lentement à partir

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 697.

⁽²⁾ BOUVEAULT et LOCQUIN, *Bull. Soc. Chim.*, 3^e série, 35, 1906, p. 629.

⁽³⁾ V. SMELL et Mc ELVAIN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 758.

⁽⁴⁾ J. SCHMIDT et P. C. AUSTIN, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3725.

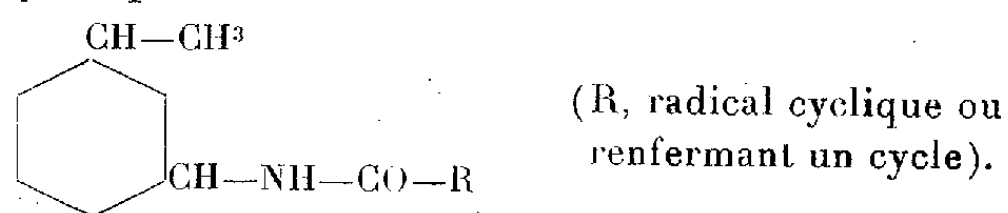
⁽⁵⁾ FAWORSKI, *Journ. prak. Chemie*, 2^e série, 88, 1913, p. 662.

de 118°; sinon il y a ramollissement et même fusion à 123,5-125°; le même phénomène a été observé pour ce corps préparé d'après Gourden ⁽⁶⁾, qui indique F 129°; le mélange des deux semicarbazones fond d'une façon identique. Les détails expérimentaux et des exemples d'autres réductions seront donnés dans un autre Recueil.

Les produits obtenus sont légèrement colorés en jaune par la présence sans doute d'un peu de dicétone α que donne toujours la réduction des esters ⁽³⁾; les rendements en cétoles ne sont pas très élevés, mais peuvent être supérieurs à ceux en glycérol; ils dépendent des proportions respectives en ester et en cétone, un excès de cétone donnant plutôt le cétole; néanmoins de nombreux facteurs interviennent, la température, la réaction acide ou basique du milieu; une étude de l'influence de ces facteurs est en cours; elle a permis déjà d'obtenir des rendements très acceptables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Activité optique d'amides dérivés du méthyl-3 amino-1 cyclohexane et d'acides cycliques*. Note de MM. **MAX MOUSSERON** et **ROBERT GRANGER**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur l'activité optique des amides ⁽¹⁾, nous avons préparé et examiné une série de composés dérivant du méthyl-3 amino-1 cyclohexane A ayant pour formule



Les constantes optiques de ces amides, à la concentration de 1 %, sont les suivantes :

Isomères A.	F.	[α] ₅₄₆		[M] ₅₄₆		$\frac{[\alpha]_{546}}{[\alpha]_{570}}$
		éthanol.	benzène.	éthanol.	benzène.	
Cyclopentylméthanamide.....	158°	—41,2	—45,6	—86,1	—95,3	1,13
Cyclohexylméthanamide.....	192	—37,0	—42,8	—82,5	—95,3	1,14
Cyclohexène-1, ylméthanamide....	111	—24,6	—27,4	—54,4	—60,5	1,15
Cyclohexyléthananamide.....	156	—41,0	—45,2	—97,2	—107,1	1,14
Cyclohexylidène-éthanamide.....	123	—36,4	—38,2	—85,5	—89,8	1,14
Cyclohexène-2, ylméthanamide....	114	—35,2	—32,1	—82,8	—75,4	1,14
Benzène carbonamide.....	160	—25,2	—31,8	—54,7	—68,9	1,14
Méthyl-2 benzènegcarbonamide. .	162	—26,4	—33,2	—61,0	—76,7	1,14
Méthyl-3 benzènegcarbonamide. .	145	—30,6	—39,0	—70,7	—87,3	1,14
Méthyl-4 benzènegcarbonamide. .	172	—22,6	—26,8	—52,2	—61,9	1,14
Isopropyl-4 benzènegcarbonamide..	205	—21,6		—55,9		1,14
Phényléthanamide.....	130	—37,2	—23,2	—85,9	—53,6	1,15
Phényl-3 propanamide.....	106	—26,6	—30,6	—65,2	—75,0	1,14
Phényl-3 propène-2 amide.....	114	—30,6	—36,8	—74,3	—89,4	1,15
Phényl-3 propyn-2 amide.....	118	—21,4	—25,0	—51,0	—60,3	1,15
Naphtalènegcarbonamide α	190,5	—26,6	—28,0	—71,0	—74,7	1,15
Naphtalènegcarbonamide β	118	—21,0	—29,6	—56,1	—79,0	1,14

⁽⁶⁾ *Bull. Acad. Belg.*, 5^e série, 11, 1926, p. 707.

⁽¹⁾ M. MOUSSERON et R. GRANGER, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 529.

Les amides dans lesquels le radical R est cyclanique sont plus actifs que ceux à radical acyclique ayant le même nombre d'atomes de carbone.

La présence d'une liaison éthylénique dans le cycle abaisse toujours la valeur du pouvoir rotatoire, mais l'introduction de deux nouvelles doubles liaisons, transformant ainsi le noyau cyclohexanique en noyau benzénique, n'a qu'une très faible influence. Une double liaison juxtanucléaire ou extra-nucléaire, une triple liaison modifient le pouvoir rotatoire.

Un groupement méthylénique, intercalé entre la fonction amide et le cycle, augmente toujours fortement l'activité, mais celle-ci semble diminuer lorsque l'éloignement du cycle est plus grand.

La fixation d'un radical méthyle dans le cycle benzénique s'accompagne d'une variation de l'activité, surtout importante pour la position *méta*. Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont été signalés par Frankland et Barrow ⁽²⁾.

Les *sulfonamides*, de structure voisine de certains carbonamides précédents et n'en différant que par le remplacement de CO par SO², présentent les activités suivantes :

	F.	[α] ₅₄₆		[M] ₅₄₆		$\frac{[\alpha]_{546}}{[\alpha]_{579}}$
		éthanol.	benzène.	éthanol.	benzène.	
Benzènesulfonamide A.....	98 ⁰	—32,7	—31,6	—82,7	—79,0	1,14
Benzènesulfonamide B.....	92	—16,6		—42,0		1,14
Méthyl-4 benzènesulfonamide A.	94	—38,2	—32,8	—101,9	—87,6	1,14
Méthyl-4 benzènesulfonamide B.	68	—11,5		—30,8		1,14
β -Naphthalènesulfonamide A + B.	72	—25,2	—36,8	—76,4	—111,5	1,14

Les deux amides A et B, qui correspondent à l'isomérisie *cis trans*, se différencient très nettement l'un de l'autre par leurs pouvoirs rotatoires. De plus ces sulfonamides sont plus actifs que les carbonamides, le groupement SO²—NH semblant introduire une plus forte action que CO—NH.

D'autre part le facile isolement des amides méthyl-4 benzènesulfoniques a été appliqué à la séparation des méthyl-2 amino-1 cyclohexanes (F 110° et F 95°) et des méthyl-4 amino-1 cyclohexanes (F 43° et F 103°).

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Obtention de masses d'épuration des eaux dures à partir de la lignine technique, sous-produit de la saccharification du bois.* Note de MM. HENRI GAULT et K. W. HONG, présentée par M. Marcel Delépine.

La saccharification du bois par traitement sulfurique ou chlorhydrique abandonne comme résidu une *lignine technique*, renfermant, à côté d'une forte quantité d'eau, une proportion variable de cellulose, inaltérée ou modifiée.

Il ne semble pas que jusqu'à présent on ait trouvé pour cette lignine brute

(²) *J. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 2026.

des emplois industriels qui soient à l'échelle de sa production; toute contribution à l'étude de ce problème d'utilisation présente donc de l'intérêt.

Nous croyons lui avoir apporté une solution partielle, qui consiste à transformer la lignine, par action de l'acide sulfurique concentré, en matières douées d'un haut pouvoir d'échange de cations, c'est-à-dire utilisables comme masses d'épuration des eaux à degré hydrotimétrique élevé.

Il est, certes, connu que les matières cellulosiques (bois et tourbe par exemple), les lignites et certains charbons engendrent, par un traitement sulfurique approprié, des masses d'épuration des eaux dures, mais il n'a pas été signalé, à notre connaissance, que des mélanges de lignine et de cellulose, notablement plus riches en lignine que le bois, puissent être employés comme matières premières pour ce même but.

Voici un exemple du traitement auquel nous nous sommes arrêtés.

On triture 100^g de lignine brute humide (50 % d'eau) ou préalablement desséchée (4 % d'eau), le résidu sec renfermant 58 % de lignine et 42 % de cellulose, par 1000^g d'acide sulfurique concentré. La température s'élève progressivement à 100° (lignine humide) ou 60° (lignine desséchée). On abandonne ensuite le mélange à la température ordinaire pendant 1 heure, puis on le verse dans 3^l d'eau. On filtre, lave à l'eau, puis neutralise les dernières traces d'acide sulfurique par une solution de bicarbonate de sodium et termine enfin par un dernier lavage à l'eau. On sèche ensuite à l'étuve à 110-120°. Le produit obtenu se présente sous forme d'une masse granulée noire et peut être utilisé, directement ou après préparation mécanique complémentaire, à tous les usages des échangeurs de cations, en particulier à l'épuration des eaux dures.

Dans un tube de 4^{cm} de diamètre, on introduit, sur une hauteur de 5^{cm}, 20^g du produit obtenu à partir soit de la lignine humide, soit de la lignine desséchée. On fait couler sur cette masse 2^l d'eau de source à 24,5 degrés hydrotimétriques, au débit de 50^{cm³} par minute. Le degré hydrotimétrique s'abaisse à 2 degrés et, même, à 1 degré.

La régénération de la masse épurante peut être réalisée de la manière suivante :

On immerge, pendant une demi-heure, 20^g du produit dans 100^{cm³} d'acide sulfurique à 10 %, puis on lave à l'eau jusqu'à disparition de l'ion sulfurique. Après ce traitement, la masse obtenue peut être réemployée directement pour l'épuration de l'eau, dans des conditions identiques à celles qui viennent d'être décrites.

PÉTROGRAPHIE. — *Observations sur la structure microscopique des houilles du bassin de Bertholène (Aveyron)*. Note de M. **FRÉDÉRIC-MARIE BERGOUNIOUX** et M^{lle} **JEANNE DOUBINGER**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Le détroit de Rodez est jalonné au Sud par une grande faille de direction générale Est-Ouest, qui rejette le houiller en profondeur. Le petit bassin de Bertholène a la forme d'une cuvette ovale; il est découpé en deux panneaux par une faille SO-NE, avec un rejet de 70 mètres vers l'Est. On y distingue 3 séries de couches, dont les échantillons ont été soumis à une étude chimique et à un examen pétrographique.

I. CARACTÈRES MACROSCOPIQUES. — Ces charbons sont formés de trois constituants interstratifiés :

- 1° le *Fusain*, en lits parfois assez importants (surtout dans le sillon n° 3;)
- 2° le *Vitrain*, en filets atteignant jusqu'à 3^{cm} d'épaisseur (sillon n° 5);
- 3° le *Clairain*, riche en débris de tissus ligneux et en cuticules.

II. CARACTÈRES CHIMIQUES. — L'analyse immédiate a donné les résultats suivants :

Origine. Sillon	M. V. %.	Cendres %.	C. fixe %.	M. V. Cendres déduites %.
1.....	21,4	34,8	43,8	32,8
2.....	25,3	18,6	56,1	31
3. (2).....	27,3	15	47,7	32,1
(1).....	15,6	17	67,4	18,7
4. (2).....	25,4	22	52,6	32,5
(1).....	21,9	24,5	53,6	29
5. (3).....	23,5	22,7	53,8	30,4
(2).....	24,5	14,8	50,7	28,7
(1).....	21,7	19,3	59	26,8
6.....	22,3	28,8	49,2	30,8

Presque toutes ces houilles appartiennent donc à la catégorie des houilles grasses marécales $26 \% < \text{M. V.} < 32 \%$. Les teneurs en cendres sont assez élevées. Les culots recueillis après la cokéfaction sont légers et boursoufflés. L'échantillon de la base du sillon n° 3 a une teneur en matières volatiles beaucoup plus faible, 18,7 %. Son coke est noir et compact. Tous ces caractères permettent donc de le ranger dans les houilles grasses à courte flamme, $18 \% < \text{M. V.} < 26 \%$.

III. CARACTÈRES MICROSCOPIQUES. — La structure microscopique des charbons de Bertholène a été mise en évidence par la méthode de simple polissage de A. Duparque (*Mém. Soc. géol. Nord*, 41, 1933), à laquelle ont été apportées quelques modifications. L'examen des surfaces polies au microscope métallographique a permis d'y reconnaître : 1° des corps figurés végétaux; 2° un ciment amorphe; 3° des substances minérales.

1° *Corps figurés végétaux*. — *a.* Les cuticules se présentent sous la forme de bandes grises étalées parallèlement à la stratification, quelquefois finement crénelées sur une de leurs faces. On remarque aussi des sections de feuilles dans lesquelles subsistent des lambeaux de tissus gélifiés.

b. Les plages de bois sont très étendues, et beaucoup de ces tissus ligneux sont gélifiés.

c. Les corps résineux sont rares et ne semblent avoir joué qu'un rôle secondaire.

2° Le *ciment amorphe* enrobe les éléments figurés. Il forme aussi des lits de pâte pure pouvant atteindre 2 ou 3 centimètres d'épaisseur.

3° *Substances minérales*. — La pyrite est très répandue. Elle se présente soit

en petits grains isolés, jaunes, très brillants, rarement alignés, soit en amas de tailles variables.

De ces observations on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Par leur composition chimique, ces charbons sont des houilles grasses marécales.

2° L'examen microscopique montre que les tissus ligneux et les cuticules sont représentés dans des proportions à peu près égales, alors que les spores sont toujours absentes.

3° L'échantillon n° 2 du sillon n° 3 est plus pauvre en M. V. et doit être classé dans la catégorie des houilles 3/4 grasses.

Par leurs caractères pétrographiques, ces houilles n'entrent donc dans aucune des grandes classes établies par A. Duparque, mais elles représentent un type intermédiaire entre les charbons de cutine et les charbons lignocellulosiques. Ce type est extrêmement rare dans le bassin du Nord.

Normalement ces houilles devraient être rangées dans la catégorie des charbons de cutine, type dont elles se différencient essentiellement par le grand développement des tissus ligneux.

Il semble donc qu'une différence doit déjà être établie entre les dépôts des grands bassins paraliques et ceux des bassins limniques, dans lesquels il faut donner une importance plus grande aux *charbons mixtes*, caractérisés par la coexistence en proportions à peu près égales de tissus ligneux et de substances cutinisées. L'observation montre que ces charbons mixtes peuvent être des houilles grasses à courte flamme, ce qui est le cas pour l'échantillon des charbonnages Dumont (M. V. 21 à 25 %) et pour l'échantillon n° 2 du sillon n° 3 de Bertholène (M. V. 18,7 %). Mais, dans la plus grande partie de la formation, ils sont plus riches en M. V. et entrent dans la catégorie des houilles grasses marécales (M. V. 26 à 32 %).

GÉOLOGIE. — *Le problème de Gibraltar.*

Note (1) de M. PAUL FALLOT, présentée par M. Charles Jacob.

E. Suess, P. Termier, L. Gentil et H. Stille ont admis la continuité des cordillères bétiques, puis leur torsion, par un *arc de Gibraltar*, vers le Rif et l'Algérie sous l'effet d'une poussée centrifuge. R. Staub, au contraire, considère que le complexe des cordillères bétiques, conservant son tracé rigide, s'envoie vers l'Ouest sous le Flysch de la région de Gibraltar, pour se prolonger plus loin encore, sous l'Atlantique. Dès lors les chaînes marocaines ne représentent plus par rapport à ce complexe alpin qu'un ensemble dinarique entièrement poussé au Sud.

(1) Séance du 19 mars 1945.

A ce stade s'observent donc des accidents au Nord et au Sud du matériel mort résultant des charriages bétiques, mais aucune ligne directrice ne paraît passer d'Europe en Afrique.

Peut-être est-ce à ce moment que se produisirent le décrochement de Gibraltar et les dislocations qui déterminèrent ce que M. Blumenthal appelle le recoin d'Estepona.

3° Le troisième épisode orogénique, celui-là post-burdigalien, correspond aux chevauchements frontaux du Subbétique, en Espagne, et au développement des charriages du Rif Moyen qui donnèrent la nappe des Sofs ou des Senhadjas.

Alors, mais alors seulement, les dislocations cessent de jouer séparément au Nord et au Sud de la masse du bourrelet liminaire et commencent à s'inscrire périphériquement à sa terminaison occidentale dans la région de Gibraltar. Encore ces accidents y sont-ils de directions hésitantes et de faible intensité.

4° Quant aux charriages du Prérif et de la petite virgation de Moulay Idriss, ils datent d'une phase tardive, post-tortonienne.

Ainsi la chaîne bétique, loin de se couder vers le Maroc, règne-t-elle exclusivement sur territoire européen. Le Bourrelet-liminaire qui lui sert d'arrière-pays joue, dès après la phase éo-alpine, le rôle d'un massif intermédiaire. Les compressions ultérieures provoquent, au Nord et au Sud de cette masse désormais inerte, des réactions en sens opposés : les nappes toutes locales de la dorsale rifaine et des Bokoya sont propres à l'Afrique.

La chaîne alpine ne croise donc pas le détroit de Gibraltar. Le seul trait continu entre Espagne et Maroc est indiqué par les plissements post-burdigaliens, grossièrement périphériques à la terminaison du massif précédemment induré. C'est à ces accidents tardifs, n'affectant guère que le Flysch et quelques pointements jurassiques, dont les massifs subbétiques de Gibraltar et du Mont des Singes, que se réduit l'« arc de Gibraltar ».

Quant aux charriages du Rif moyen et du Prérif, il n'est pas impossible qu'ils se raccordent sous l'Océan à ceux de la zone subbétique, mais aucun fait d'observation ne vient étayer cette hypothèse.

PHYSIQUE ATMOSPHERIQUE. — *Erreurs dans les mesures hygrométriques à bord d'avions rapides.* Note de MM. EDMOND BRUN et ROBERT CARON, présentée par M. Frédéric Joliot.

On sait qu'un thermomètre en mouvement relatif rapide dans l'air ne donne pas la température de l'air (¹); le terme correctif qui permet de passer de l'indication lue t_i à la valeur correcte t_a a la forme simple

$$t_i - t_a = A v^2,$$

(¹) EDMOND BRUN, *Publ. scient. et techn. du Min. de l'Air*, n° 63, févr. 1935.

où A est une constante qui ne dépend pratiquement que du thermomètre utilisé et qui est toujours voisine de $4,4 \times 10^{-4}$ quand la vitesse relative est mesurée en mètres/seconde.

Les phénomènes thermiques dont la couche limite d'un thermomètre est le siège se manifestent aussi bien dans la couche limite de l'élément actif d'un hygromètre. En particulier, l'air qui touche la paroi de cet élément actif se trouve à la température t_i et non à la température t_a . De ce fait l'humidité relative indiquée par l'hygromètre peut différer notablement de celle de l'atmosphère.

Par exemple, si un avion vole à une vitesse de 100 m/s dans une atmosphère claire dont la température est 0° et l'humidité relative égale à l'unité, la température de l'air au contact immédiat de l'hygromètre sera $4^\circ,5$. L'humidité relative indiquée sera donc sensiblement

$$\varepsilon = \frac{f_0}{f_{4,5}} = \frac{0,46}{0,63} = 0,73.$$

L'écart est considérable entre la valeur lue et la valeur vraie.

Un calcul tel que le précédent n'est d'ailleurs destiné qu'à fixer l'ordre de grandeur des erreurs; il ne constitue pas un procédé sûr de correction des indications hygrométriques; une telle correction ne pourrait se faire qu'en tenant compte à la fois des échanges thermiques et des phénomènes de diffusion au sein de la couche limite de l'élément actif considéré.

Il ne faudrait pas croire que l'erreur qu'entraîne la vitesse disparaîtrait en plaçant l'hygromètre dans une veine d'air ralentie, car le ralentissement s'accompagne d'un échauffement souvent mal défini.

Le seul procédé qui permettrait de mesurer correctement l'humidité relative d'une atmosphère à bord d'un avion rapide consisterait à arrêter adiabatiquement cet air dans une cavité où serait placé l'hygromètre (l'air de la cavité se renouvellerait lentement par un orifice approprié). La vitesse de l'avion étant connue, une abaque permettrait de passer des indications obtenues dans le cas de l'arrêt adiabatique à celles qui correspondraient à la valeur réelle.

Compte tenu de ce qui précède et étant donnée l'évolution rapide de l'humidité relative le long d'un parcours, nous pensons d'ailleurs que les avions destinés aux mesures météorologiques doivent être lents.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude des néoformations produites sur des tubercules de Carotte privés de bourgeons.* Note de MM. **LUCIEN PLANTEFOL** et **ROGER BUVAT**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Un tubercule de Carotte, dont les bourgeons ont été supprimés et que l'on conserve durant l'hiver dans un milieu relativement sec, présente des phénomènes de croissance qui ont été décrits par l'un de nous (1). L'étude anatomique révèle un certain nombre de faits intéressants.

(1) L. PLANTEFOL, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 521.

1. *Croissance apicale*. — La section pratiquée à la pointe de la racine principale a intéressé les tissus vasculaire, cambial et libérien qui constituent presque le tout de la racine tubérisée, le périderme, formé dans la région du liber, ayant exfolié l'écorce de la racine jeune.

Un périderme cicatriciel prend naissance, se raccordant latéralement au périderme normal. Il contourne sur leur face interne des cellules tuées par le traumatisme ainsi que des fragments de vaisseaux, isolés comme nous le verrons.

Plus profondément se développe une zone génératrice libéro-ligneuse. Se formant dans un plan parallèle à la surface de la section, à travers la région vasculaire, elle isole, du côté de la section, du parenchyme et des fragments de vaisseaux; elle crée ainsi une discontinuité, bientôt accusée par le développement de ce nouveau cambium, qui produit du tissu vasculaire vers l'intérieur, du tissu libérien, généralement plus épais, vers l'extérieur. Cette zone est en continuité par son pourtour avec le cambium primitif. Celui-ci entre également en activité dans la région subterminale et d'autant plus qu'il est plus proche de la section, ce qui donne à l'extrémité du tubercule une forme évasée, que le cambium néoformé coiffe, dans les cas les plus typiques, d'un cal hémisphérique terminal.

Ce cambium fournit vers l'intérieur un parenchyme vasculaire parsemé de vaisseaux orientés en tous sens, qui se raccorde au tissu résultant de la reprise d'activité du cambium primitif. Sous ce nouveau tissu vasculaire, les anciens vaisseaux se montrent obstrués par des thylls et leur cavité se remplit de cellules analogues aux cellules voisines du parenchyme, mais dont les parois cellulodiques épousent étroitement les ornements des anciens vaisseaux. Vers l'extérieur, le parenchyme libérien est analogue à celui d'une Carotte normale; il renferme quelques tubes criblés et des canaux sécréteurs.

Cependant la régularité des tissus de néoformation est parfois interrompue : des zones génératrices très peu actives se développent autour de groupes de cellules mortes, de lacunes ou d'anciens canaux sécréteurs. D'autre part dans des tissus de néoformation naissent, entre périderme et cambium, des ébauches confuses de méristèmes radiculaires. Expérimentalement on n'a pourtant jamais obtenu de radicules sur les cals de tubercules placés en culture.

Divers types d'accidents se rencontrent lorsque la racine a été coupée au voisinage d'une radicule ou d'une plage rhizogène : 1° la base d'une radicule, dont la stèle libéroligneuse traversait le parenchyme libérien, se dilate par fonctionnement de son cambium, tandis qu'un périderme recouvre la cicatrice. La plage rhizogène en relation avec cette radicule se trouve simplement distendue par cet accroissement; 2° dans d'autres cas, la région profonde d'une base de radicule subit la dilatation décrite, tandis que, dans la région superficielle, des zones génératrices plus ou moins désordonnées et discontinues prennent naissance; ainsi la surface est mamelonnée de protubérances recouvrant parfois des nodules formés par une zone génératrice refermée sur elle-même.

II. *Développement d'excroissances latérales.* — Ce sont de petits corps ovoïdes, qui se développent sur des plages rhizogènes.

Dans un tubercule normal, une plage rhizogène recouvre une petite masse de tissu, en relation avec une base de radicelle, étalée transversalement entre deux rides parallèles du périderme. Cette plage rhizogène renferme une stèle constituée de faisceaux plus ou moins séparés, de disposition souvent irrégulière. Les faisceaux sont entourés d'un tissu qui présente des caractères différents de ceux du parenchyme avoisinant; tout se passe comme si la plage rhizogène était une radicelle courte, couchée transversalement à la surface du tubercule.

Dans les conditions normales, la radicelle meurt plus ou moins tôt vers la fin de la première année. Au début de la deuxième année apparaissent sur la plage rhizogène de nombreuses radicelles, dont les ébauches sont décelables dès l'hiver.

Dans un tubercule privé de bourgeons, la plage rhizogène n'émet pas de radicelles, mais peut réaliser un développement secondaire : les zones génératrices des faisceaux se rejoignent en un cambium cylindrique continu, fournissant une stèle typique; cette stèle est entourée, comme dans un tubercule normal, d'un parenchyme hypertrophique, et l'ensemble demeure joint au tubercule primitif par un isthme de ce parenchyme.

Dans ce cas la plage rhizogène a fourni le développement d'un petit tubercule, tangentiel et orthogonal au tubercule primitif; de l'inertie totale du tubercule principal à ce niveau, il résulte que la plage rhizogène s'individualise en une masse ovoïde saillante.

Cette interprétation est confirmée par l'allongement radial et les cloisonnements tangentiels des cellules du tissu de raccordement, qui témoignent d'une tension radiale.

Les ébauches radicellaires de la plage rhizogène se retrouvent au moins partiellement vers la périphérie du nodule, soit exfoliées dans la région péridermique, soit dans la région sous-jacente où elles demeurent à l'état d'ébauches inactives.

Il apparaît donc que la suppression des bourgeons portés par le tubercule entraîne une modification profonde dans le développement des tissus de ce tubercule. L'activité de ceux-ci s'oriente principalement vers la croissance des tissus secondaires préexistants et la formation de tissus secondaires nouveaux. Au contraire, dans le tubercule pourvu de ses bourgeons, la vie de la seconde année est marquée par la réalisation de tissus primaires nouveaux, dans les multiples radicelles formées, et par l'utilisation des réserves mises en dépôt dans les tissus secondaires, qui, se creusant de lacunes ou se lignifiant, manifestent également des phénomènes de dégénérescence.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La corynanthidine, quatrième alcaloïde cristallisé isolé des écorces de Pseudocinchona africana Aug. Chev.* Note de MM. MAURICE-MARIE JANOT et ROBERT GOUTAREL, présentée par M. Paul Lebeau.

Des trois alcaloïdes cristallisés retirés jusqu'à présent des écorces de *Pseudocinchona africana* Aug. Chev., la *corynanthine*, obtenue par E. Fourneau ⁽¹⁾, est, comme l'a montré Scholz ⁽²⁾, un isomère de la yohimbine, alors que la *corynanthéine* cristallisée et la *corynanthéidine* ⁽³⁾ forment un groupe différent quoique voisin de la série de la yohimbine. Le quatrième alcaloïde cristallisé, la *corynanthidine*, décrite ici, appartient, par contre, à la série yohimbique et est même, sinon identique, du moins très voisin de l' α -yohimbine de Lillig ⁽⁴⁾.

L'extraction de cet alcaloïde est basée sur l'insolubilité presque totale de son chlorhydrate dans l'alcool.

Propriétés. — La *corynanthidine* cristallisée dans l'alcool méthylique se présente sous la forme de belles aiguilles blanches, assez peu solubles à froid et très solubles à chaud dans les alcools éthylique et méthylique, plus solubles dans l'éther, le chloroforme, l'acétone et le benzène, insolubles dans l'eau et l'éther de pétrole.

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet se superpose à ceux de la yohimbine et de la corynanthine ⁽⁵⁾. Le produit desséché correspond à la formule $C^{21}H^{26}O^3N^2$.

Analyse. — Trouvé; C %, 70,99; 71,07. H %, 7,03; 7,11. N % 8,01; 8,04. Calculé pour $C^{21}H^{26}O^3N^2$, C % 71,18. H % 7,34 et N % 7,90.

Le tableau ci-dessous résume les constantes de la corynanthidine et de l' α -yohimbine.

Corynanthidine (M.-M. J. et R. G.).		
Base desséchée...	$[\alpha]_D^{20} - 11^{\circ}, 5$ (CH ³ OH 1 %); $- 18^{\circ}, 3$ (pyridine 1 %)	F 243-244°
Chlorhydrate....	$[\alpha]_D^{20} + 57^{\circ}, 4$ (eau 1 %);	F 288°
Picrate.....	$[\alpha]_D^{20} + 6^{\circ}$ (acétone 1 %);	F 231-232°
Corynanthidique.		
Acide.....	$[\alpha]_D^{20} + 48^{\circ}, 3$ (pyridine 1 %);	F 322-323°
α -Yohimbine.		
	Lillig.	Hahn et Schuch ⁽⁶⁾ .
Base desséchée...	$\left\{ \begin{array}{l} [\alpha]_D^{20} - 25^{\circ}, 05 \text{ (alcool 1 \%)} \\ F 246^{\circ} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - 22^{\circ} \text{ (CH}^3\text{OH 1 \%)} \\ - 9^{\circ}, 3 \text{ (pyridine 1 \%)} \\ F 235^{\circ} \end{array} \right.$
Chlorhydrate....	$[\alpha]_D^{20} + 58^{\circ}, 3$ (eau 1 %);	+ 55° (eau); F 286°
Picrate.....	F 213°	—
	α -yohimbique desséché.	α -yohimbique à 1 H ² O.
Acides.....	$[\alpha]_D + 56^{\circ}, 9$ (pyridine);	+ 49°, 6 (pyridine) F 287°

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 148, 1909, pp. 1770-1772.

⁽²⁾ *Ibid.*, 200, 1935, p. 1624.

⁽³⁾ M.-M. JANOT et R. GOUTAREL, *ibid.*, 206, 1938, pp. 1183-1185; *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 8, 1941, pp. 625-627; *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 852-854.

⁽⁴⁾ *Merck's Jahrb.*, 42, 1928, pp. 20-22.

⁽⁵⁾ R. GOUTAREL et A. BERTON, *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 71-72.

⁽⁶⁾ *Ber. d. chem. Ges.*, 63, 1930, pp. 1638 et 2961.

L'examen de ce tableau montre que les chlorhydrates ont des constantes très voisines, alors que les pouvoirs rotatoires des bases sont différents. Le pouvoir rotatoire de la corynanthidine dans la pyridine est $-18^{\circ},3$, alors que pour l' α -yohimbine Hahn et Schuch trouvent $-9^{\circ},3$.

La saponification, tant alcaline qu'acide, de la corynanthidine conduit au même acide corynanthidique $[\alpha]_D^{25} + 48^{\circ},3$ (pyridine 1 %) et F 322-323°. Par action de l'acide chlorhydrique sur une suspension dans CH_3OH , on obtient l'ester méthylique, qui est identique à la corynanthidine de départ. Le pouvoir rotatoire de cet acide est voisin de celui de l'acide α -yohimbique de Hahn et Schuch, mais ce dernier contient 1^{mo} d'eau, qu'il perd à 110° dans le vide, alors que l'acide corynanthidique ne perd pas de poids dans les mêmes conditions.

L'acide de Hahn est très soluble dans l'alcool et reprécipite par addition d'eau; l'acide corynanthidique est très peu soluble (1,25 ‰ à l'ébullition) et recrystallise par refroidissement.

Le point de fusion de l'acide corynanthidique est beaucoup plus élevé que celui de l'acide α -yohimbique.

Enfin on peut préparer facilement un dérivé monoacétylé de la corynanthidine F 231-232°, alors que Hahn et Schuch n'ont pas obtenu de résultats par action de l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium.

La déshydrogénation sélénique de la corynanthidine donne, ainsi que nous l'avons constaté, la yobyryne et la tétrahydroyobyryne, comme la yohimbine et la corynanthine, mais l'oxydation par la méthode d'Oppenhauer donne un produit différent de la yohimbone obtenue dans les mêmes conditions, à partir de la corynanthine et de la yohimbine (7).

Conclusions. — La corynanthidine, $\text{C}_{21}\text{H}_{26}\text{O}_3\text{N}_2$, F 243-244°; $[\alpha]_D^{25} - 18^{\circ},3$ (pyridine), est un alcaloïde cristallisé, isomère de la corynanthine et de la yohimbine. Quelques caractères, en particulier les constantes du chlorhydrate, le rapprochent de l' α -yohimbine de Lillig, mais l'identité ne se poursuit pas dans d'autres dérivés et ne peut s'affirmer ou s'infirmier, dans l'impossibilité actuelle de se procurer l' α -yohimbine pure de Lillig ou de Hahn et Schuch.

CRYPTOGAMIE. — *Nouvelles recherches sur les divisions nucléaires dans la baside et les spores des Agaricales.* Note de M. **ROBERT KÜHNER**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La baside ne portant d'ordinaire que quatre spores, on a souvent admis que l'évolution nucléaire des Basidiomycètes diffère de celle des Ascomycètes par la suppression de la troisième série de divisions nucléaires. R. Maire (1) et quelques autres mycologues avaient bien reconnu l'existence d'une troisième série de divisions nucléaires dans la baside de quelques espèces, mais on a géné-

(7) B. WITKOP, *Liebig's Ann. der Chemie*, 554, 1943, pp. 83 et 126.

(1) *Thèse de Sciences*, Paris, 1902.

ralement considéré un tel comportement comme exceptionnel, et l'on n'a pas accordé aux faits de cet ordre toute l'attention qu'ils méritent, sans doute parce que la troisième série de divisions nucléaires est séparée des deux premières par la poussée des stérigmates et le début du développement des spores; ces divisions ultimes ne font vraiment penser aux dernières divisions ascales que lorsqu'elles ont lieu dans le corps de la baside, fait assez rare; plus souvent ces divisions se produisent à l'occasion de l'étirement considérable que subissent les noyaux lors de leur passage dans les stérigmates et passent inaperçues; on en reconnaît plus commodément un résultat, la présence dans le corps des basides portant des spores, pourvues de leur noyau et même mûres; de noyaux, destinés à dégénérer et que l'on peut appeler résiduels. L'étude que nous avons faite de nombreuses espèces de *Mycena* ⁽²⁾ nous a montré que la troisième série de divisions se produit de façon au moins extrêmement fréquente dans ce genre.

Les recherches que nous venons d'entreprendre nous conduisent à la conclusion que, *dans la majorité des Basidiomycètes, dont les spores sont blanches et uninucléées à maturité, des divisions nucléaires se produisent soit à la base des stérigmates, soit à l'intérieur de ceux-ci*. On observe des noyaux résiduels dans les basides des espèces suivantes : *Armillaria mellea* (Wahl); *Clitocybe clavipes* (P.), *inversa* (Scop.), *odora* (B.), *Collybia butyracea* (B.) *clavilis* (Fr.), *fusipes* (B.), *mephitica* (Fr.), *radicata* (Relh.), *rancida* (Fr.); *Hygrophorus arbustivus* (Fr.), *hypothejus* (Fr.), *lucorum* (Kalch.), *nomereus* (Lasch), *niveus* (Scop.), *psittacinus* (Schaeff.); *Lactarius cunicularius* (Batsch), *controversus* (P.), *pyrogalus* (B.), *vellereus* (Fr.); *Lepiota rufipes* Morg., *seminuda* (Lasch), *Marasmius oreades* (Bolt.), *peronatus* (Bolt.), *scorodonius* Fr., *stipitarius* (Fr.), *tricolor* (Schur.); *Panus stipticus* (B.), *Pleurotus candidissimus* Berk. et Curt., *porrigens* (P.); *Tricholoma album* (Schaeff.), *columbetta* (Fr.), *nudum* (B.), *panacolum* (Fr.), *sordidum* (Fr.), *squarrulosum* Bres., *sulfureum* (B.).

Les noyaux résiduels sont loin d'être partout également évidents; en effet, si, dans certaines espèces (*Armillaria mellea*, *Collybia butyracea*, *fusipes*, *radicata*; *Marasmius oreades*, *speronatus*, *scorodonius*, *stipitarius*, *tricolor*; *Pleurotus candidissimus*), ils restent au voisinage du sommet de la baside, dans nombre d'Agaricales ils descendent plus ou moins bas, et l'œil a souvent du mal à les repérer au milieu des noyaux en voie de fusion ou des gros noyaux en prophase des basides voisines; chez le *Collybia mephitica* ou les *Hygrophorus hypothejus* et *nomereus* par exemple, les noyaux résiduels descendent à peu près à la hauteur occupée par les noyaux en prophase; ils descendent particulièrement bas chez plusieurs *Tricholoma* (*album*, *nudum*, *sordidum*) et chez les *Lepiota rufipes* et *seminuda*; dans cette dernière espèce il faut les chercher au pied même de la baside, où se trouve un petit culot de cytoplasme dans lequel ils sont immergés ou sur lequel ils flottent. Souvent les noyaux résiduels se colorent intensément

(²) R. KÜNNER, *Le genre Mycena* (Fries), Paris, 1938.

mais uniformément, ce qui, si leur nombre n'était souvent de quatre, pourrait faire douter de leur nature; dans certains cas (*Lepiota seminuda*, *Tricholoma panæolum*) ils nous ont cependant offert l'aspect de noyaux typiques, et chez *Clitocybe viridis*, *Collybia clusilis* et *Tricholoma sulfureum*, nous avons pu y reconnaître un nucléole.

Chez plusieurs espèces à spores normalement uninucléées (*Collybia radicata*, *rancida*; *Hygrophorus hypothejus*; *Pleurotus porrigens*; *Tricholoma squarrulosum*) nous avons remarqué l'existence d'une division nucléaire dans quelques spores; l'orientation de cette division étant la même que celle des divisions intrastérigmiques, il semble à priori infiniment probable que cette division intrasporique n'est que la division intrastérigmique qui, par suite d'un léger retard par rapport à la migration nucléaire, s'est produite un peu plus haut que d'habitude; nous en avons eu la preuve chez *Collybia radicata* et *Tricholoma squarrulosum*, où nous avons pu remarquer l'absence de noyaux résiduels dans les basides portant des spores qui renferment un noyau en division. R. Maire avait déjà signalé autrefois la possibilité, pour la troisième série de mitoses de *Hygrophorus agathosmus*, de se produire, tantôt dans la spore, tantôt dans la baside. De nombreuses espèces d'Agaricales, notamment la plupart des chromosporées, ayant toutes leurs spores binucléées à maturité la division du noyau unique reçu de la baside, il était intéressant d'y rechercher des noyaux résiduels; d'une façon générale nous n'avons pas pu en reconnaître avec une entière certitude; en particulier nous n'avons pas trouvé de noyaux résiduels dans les basides de nombreuses Agaricales chromosporées ni dans celles des leucosporées à spores binucléées des genres *Amanita* et *Lepiota*, de sorte que nous croyons pouvoir conclure que *les divisions intrasporiques des espèces à spores normalement binucléées correspondent aux divisions intrastérigmiques des autres espèces, c'est-à-dire aux divisions qui, dans l'asque, constituent la troisième série.*

Le comportement nucléaire des Basidiomycètes serait donc, en ce point du cycle, calqué sur celui des Ascomycètes, et l'on pourrait imaginer l'évolution nucléaire des Basidiomycètes de la façon suivante : dans une première étape, la réduction à quatre du nombre des spores a laissé quatre noyaux résiduels; au cours d'une seconde étape de l'évolution, grâce à un léger retard des dernières divisions nucléaires, amenant celles-ci à se produire dans les spores, tous les noyaux issus du noyau de fusion se sont à nouveau trouvés utilisés, chaque spore en contenant deux.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la sensibilité différentielle de la rétine aux sources ponctuelles.* Note ⁽¹⁾ de M. ALEXANDRE IVANOFF, présentée par M. Charles Fabry.

De nombreuses recherches ont été effectuées depuis 1865 sur la sensibilité différentielle simultanée de la rétine aux sources lumineuses étendues ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Séance du 15 janvier 1945.

⁽²⁾ Voir par exemple S. HECHT, *La base chimique et structurale de la vision*, Paris, 1938.

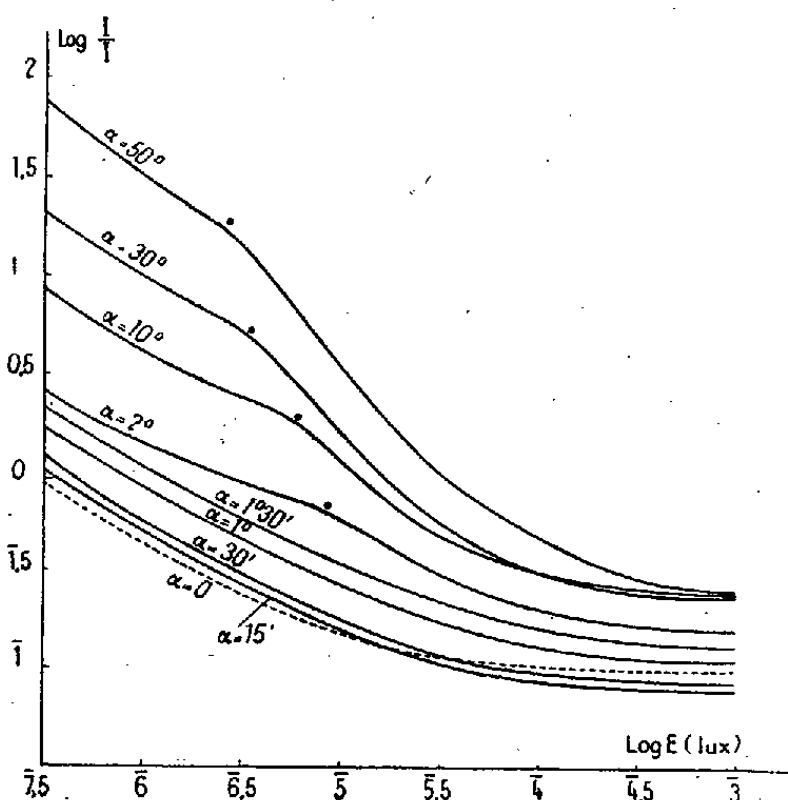
Ces travaux révèlent une décroissance du rapport $\Delta I/I$ lorsque I croît (ΔI étant la différence d'intensité juste perceptible). D'autre part la courbe $\log \Delta I/I = f(\log I)$ présente un point anguleux lorsque les dimensions de la source lumineuse sont telles que les régions non maculaires de la rétine interviennent, ce qui met en évidence la dualité du mécanisme de la vision : une partie de la courbe correspond aux bâtonnets (pour I faible) et l'autre aux cônes (pour I grand).

Nous avons, sur les conseils de M. Yves Le Grand, effectué une étude analogue sur les sources ponctuelles, afin de sonder la rétine point par point. Ne pouvant comparer simultanément les deux sources, puisque leurs images se formeraient en deux points différents de la rétine, ce qui introduirait un écart systématique, nous avons utilisé la méthode du papillotement : les intensités à comparer I et I' se succèdent rapidement en un même point, et le papillotement n'apparaît que pour une valeur minima de I' (nous appelons I' le ΔI de ci-dessus). Il s'agit donc, non plus de sensibilité différentielle simultanée, mais de sensibilité différentielle successive instantanée ⁽³⁾.

L'appareil utilisé est fort simple. Un petit orifice circulaire est éclairé par une première lampe, conférant à la source ponctuelle une intensité I . A l'aide d'un dispositif à réflexion, on éclaire simultanément l'orifice par une seconde lampe. L'intensité de la source devient $I + I'$. Un disque à secteurs permet d'obturer la deuxième lampe n fois par seconde ($n = 8$ dans nos mesures), de telle sorte que l'intensité de la source ponctuelle passe brusquement de I à $I + I'$ n fois par seconde. Des rhéostats et des verres dépolis permettent de faire varier I et I' dans de larges proportions. Un étalonnage photométrique préliminaire permet de connaître I et I' en bougies. Pour l'étude des régions non fovéales de la rétine, un certain nombre d'angles de visée sont repérés à l'aide d'arcs de cercle le long desquels on promène le regard tout en observant la source (il importe en effet, en vision indirecte, de pouvoir promener le regard, sinon la fatigue rétinienne provoque rapidement la disparition de tout papillotement). L'éclairement ambiant doit être maintenu constant afin d'éviter des variations de l'état d'adaptation de l'œil (qui influe très fortement sur les résultats). Dans nos mesures la brillance moyenne ambiante était de 4 bougies par mètre carré environ. Nos mesures ont été effectuées par deux observateurs jeunes et à vue *normale*, fortement entraînés. La source était observée d'un seul œil, celui qui permettait d'éviter la tache aveugle de Mariotte. Pour chaque valeur de I nous avons effectué 8 mesures de I' (4 dans le sens qui fait apparaître le papillotement, et 4 dans le sens qui le fait disparaître) et fait la moyenne. Le diamètre de la source ponctuelle étant de $11/10^{\text{mm}}$ et sa distance à l'œil de l'observateur de $4^{\text{m}},60$, la source apparaissait sous un angle de $50''$ environ. Les résultats sont représentés sur la figure; en ordonnées

(3) Voir la définition des diverses sensibilités différentielles (G. DURUP et A. FESSARD, *Année psychologique*, 39, 1940, p. 227).

sont portés les logarithmes de I'/I et en abscisses les logarithmes de l'éclat apparent E , puisque c'est cette grandeur qui détermine l'aspect d'une source



ponctuelle ^(*). Les diverses courbes sont relatives à la lumière blanche, pour divers angles de visée α .

Cette étude de la discrimination de l'éclat apparent d'une source ponctuelle nous permet de retrouver la dualité du mécanisme de la vision non maculaire, déjà signalée par les chercheurs ayant utilisé des sources étendues, tout en délimitant avec plus de précision la région maculaire (vision prédominante des cônes) de la rétine : la scission apparaît dans la courbe pour $1^\circ, 30' < \alpha < 2^\circ$. Nous voyons d'autre part que, pour $\alpha \geq 10^\circ$, $\log I'/I$ tend aux fortes intensités vers une valeur indépendante de α , ce qui correspond peut-être au fait, connu histologiquement, qu'à partir d'un angle de 10° le nombre de cônes reste sensiblement constant. Mais le sondage point par point de la rétine nous a surtout fait apparaître un phénomène que l'étude des sources étendues ne pouvait révéler : aux fortes intensités la discrimination est plus aisée en vision légèrement indirecte qu'en vision directe : pour $\log E > 5$, la courbe $\alpha = 15'$ passe au-dessous de la courbe $\alpha = 0^\circ$.

Des travaux ultérieurs, effectués pour divers états d'adaptation de l'œil et diverses fréquences de papillotement, ont révélé que la vision de la courbe en deux parties ainsi que la discrimination plus aisée en vision légèrement indirecte sont souvent moins nettes, et même sujettes à caution. Nous n'avons pas encore déterminé toutes les variables qui interviennent.

(*) L'éclat apparent est l'éclairement sur le plan de la pupille d'entrée de l'observateur, ce plan étant normal aux rayons lumineux. E sera obtenu (en lux) en divisant l'intensité I (en bougies) par le carré de la distance de l'observateur à la source (en mètres).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la teneur en glycogène des diverticules digestifs de l'Huître*. Note de M^{lle} MARIE BARGETON, présentée par M. Louis Fage.

Tous les auteurs qui ont étudié par des méthodes histochimiques et par des dosages les réserves hydrocarbonées de l'Huître et de divers autres Lamellibranches, s'accordent à reconnaître l'extrême richesse en glycogène d'organes tels que la zone des gonades et les palpes labiaux. Ils apprécient, en revanche, de manière très différente les réserves de l'hépto-pancréas ou glande digestive.

Des microméthodes de dosage ont récemment (1) permis d'évaluer les réserves de l'hépto-pancréas pris isolément; des déterminations individuelles ont démontré que ces réserves pouvaient atteindre, en automne et en hiver, un taux assez élevé (9,9 % du poids frais pour *Ostrea edulis* et 6,7 % pour *Gryphæa angulata*).

Gryphæa angulata Lamk. (janvier-février 1944 et 1945). Dosage du glycogène (2).

Complexe digestif.								
Complexe digestif.....	9,4	8,5	10	7,1	5,2	7,5	6,9	6,1
Organes } zone des gonades...	11,7	10,4	11,6	11,1	8,7	8,1	8,9	9,5
témoins } palpes labiaux.....	12,7	—	14,9	—	9,2	—	10,6	10,5
Hépto-pancréas.								
Hépto-pancréas.....	1,1	1,3	1,6	1,5	1,1	1,05	1,06	1
Organes } zone des gonades...	—	—	—	10,5	8,9	—	—	9,9
témoins } palpes labiaux.....	9,7	3,2	11,2	—	8,4	6,1	6,3	—

Ostrea edulis L. (janvier-février 1945).

Complexe digestif.								
Complexe digestif.....	9,01	8,6	8,9	—	—	—	—	—
Zone des gonades.....	16,1	13,9	15,2	—	—	—	—	—
Hépto-pancréas.								
Hépto-pancréas.....	5,9	5,5	5,8	4,07	5,5	5,6	5,1	4,9
Zone des gonades.....	16,1	17,1	15,5	13,5	16,9	16,2	14,2	15,8

A s'en tenir aux chiffres fournis par les dosages, on pourrait être tenté de conclure que les diverticules qui forment la partie essentielle de l'organe contiennent une notable quantité de glycogène. Cette interprétation rendrait ainsi quelque crédit à l'hypothèse formulée par Claude Bernard sur l'existence d'une fonction glycogénique du foie des Lamellibranches.

Mais l'étude histochimique, conduite selon les procédés classiques (à l'iode ou au carmin de Best) et par la méthode de Bauer, ne nous paraît pas confirmer cette interprétation. Sur coupes histologiques, les réserves de la glande digestive, prélevée en automne et en hiver, apparaissent en effet confinées aux cellules vésiculeuses logées dans les interstices de la glande. Très riches en glycogène (16 % du poids frais d'après les microdosages que nous avons effectués sur le parenchyme plein qu'elles forment souvent dans les palpes

(1) H. BIERRY, B. GOUZON et C. MAGNAN, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1895.

labiaux), ces cellules sont néanmoins trop peu nombreuses pour que leur seule présence puisse rendre compte des chiffres fournis jusqu'à maintenant par les dosages de glycogène sur la glande digestive. On en serait donc réduit à admettre l'inconstance des procédés de détection histochimique du glycogène, si les rapports anatomiques de la glande digestive ne suggéraient une autre explication.

La glande digestive entoure, comme on le sait, l'estomac et se trouve traversée de part en part par plusieurs anses intestinales; les diverticules sont séparés de la paroi gastrique et intestinale par l'épais manchon de cellules vésiculeuses qui accompagne le tube digestif sur toute sa longueur. Prélevée dans sa totalité, la glande digestive entraîne nécessairement avec elle tout ou partie de ce manchon, dont les réserves importantes s'ajouteraient aux siennes et expliqueraient les chiffres élevés des dosages.

Pour contrôler l'exactitude de cette interprétation, nous avons dosé sur des individus séparés les réserves soit du complexe digestif, comprenant à la fois l'hépto-pancréas et la portion du tube digestif qui le traverse, soit d'un fragment homogène d'hépto-pancréas (0^s,2 à 0^s,5 suffisent pour un microdosage selon la méthode de Hagedorn et Jensen).

Qu'il s'agisse d'huîtres riches ou pauvres en réserves de glycogène (la teneur d'organes témoins tels que la zone des gonades ou les palpes labiaux nous renseigne à cet égard), les résultats diffèrent manifestement dans chaque série de dosages. Très comparables aux chiffres de Bierry, Gouzon et Magnan lorsqu'ils se rapportent au complexe digestif, les taux observés sont en effet beaucoup plus faibles pour l'hépto-pancréas proprement dit.

Des coupes pratiquées dans un petit fragment de glande digestive fixé au moment de chaque dosage ont permis de rapprocher des chiffres précédents des précisions d'ordre histochimique. Cette confrontation montre qu'il existe une corrélation directe entre l'importance de la teneur en glycogène et le nombre des cellules vésiculeuses interstitielles. Elles permettent en outre d'expliquer l'écart des chiffres obtenus chez *Gryphaea angulata* et chez *Ostrea edulis*, le tissu conjonctif vésiculeux se montrant beaucoup plus abondant entre les diverticules digestifs de l'Huître plate qu'entre ceux de l'Huître portugaise. Même dans le cas des teneurs les plus élevées, les méthodes histochimiques, contrairement à ce qu'on observe chez les Gastéropodes, n'ont jamais révélé de glycogène au niveau des diverticules digestifs.

Une étude analogue de la glande digestive de l'Anodonte (*A. anatina* L.) confirme ces observations; comme chez l'Huître plate, le taux assez élevé de glycogène (4,5; 4,8; 4,7; 6,3; 6,6; 6,8) ⁽²⁾ s'explique par une grande abondance de cellules vésiculeuses interstitielles.

En conclusion, les résultats précédents montrent que la contradiction relevée entre les données histochimiques et les chiffres des dosages concernant les

(²) Exprimé en pourcentages de poids frais.

réserves de la glande digestive n'est qu'apparente. Dans les conditions de nos expériences, sur des huîtres pêchées depuis cinq jours et sur des anodontes sortant de l'eau, on peut admettre que la teneur en glycogène des diverticules digestifs est extrêmement faible et pratiquement négligeable auprès de celle du tissu interstitiel de la glande.

PHARMACODYNAMIE. — *Mécanisme de l'action pharmacodynamique du chlorure de cobalt*. Note de MM. **FERNAND CAUJOLLE**, **CLAUDE FRANCK** et **ROBERT GRANDPIERRE**, présentée par M. Léon Binet.

Certaines observations déjà anciennes ont montré que l'administration de sels de cobalt provoque une chute importante de la pression artérielle (Azary, Coppola, Stuart, Le Goff) ainsi qu'une action sur la motricité intestinale (Stuart, Hendrych et Weden, Sutter).

Nous avons pu vérifier, chez le chien chloralosé, que l'injection intraveineuse de 3^{ms} par kilogramme de chlorure de cobalt hexahydraté est suivie d'une chute importante et progressive de la pression artérielle (30 à 50 %), qui persiste généralement pendant plus d'une heure. Dans la plupart des cas, on note, en outre, au moment même de l'injection et avant la baisse durable de la pression artérielle, une chute brève suivie rapidement d'un retour très passager au niveau normal.

Nous nous sommes assurés que cette chute prolongée de la pression artérielle ne relève pas d'une action sur le cœur, mais seulement d'un effet de vaso-dilatation intéressant les territoires de la musculature générale.

En utilisant l'élégante technique dite des trois manomètres, décrite par Nolf, nous avons pu faire les constatations suivantes :

D'une part, lorsque l'on injecte la solution dans le bout central de l'artère crurale, on observe une chute brusque, mais peu durable, de la pression artérielle périphérique enregistrée dans la patte du côté où est poussée l'injection, traduisant ainsi un effet du cobalt au niveau des parois vasculaires. Par la suite les effets de l'injection se montrent, sur la pression générale, identiques à ceux d'une injection intraveineuse.

D'autre part, après section des nerfs sciatique et crural d'une des pattes postérieures de l'animal, on constate, une ou deux minutes après injection de la solution de chlorure de cobalt dans la jugulaire externe, une baisse de pression artérielle périphérique nettement plus durable et plus prononcée dans la patte intacte que dans la patte énervée, ce qui met en évidence la prédominance d'une action centrale du sel injecté.

Ainsi on est amené à conclure que la vaso-dilatation manifeste et prolongée provoquée par le chlorure de cobalt, reconnaît pour cause à la fois une action périphérique et une action centrale, la seconde étant de beaucoup la plus importante.

En ce qui concerne l'action de l'injection intraveineuse de chlorure de cobalt sur la motricité intestinale, nous avons pu reconnaître qu'elle consistait en une chute marquée, mais très passagère, du tonus intestinal avec inhibition des mouvements, bientôt suivie d'une phase d'augmentation considérable de l'amplitude des mouvements péristaltiques, se maintenant de 20 à 40 minutes.

Or nous avons constaté que, chez l'animal dont l'intestin est privé de son innervation extrinsèque par section des nerfs splanchniques et des nerfs pneumogastriques, l'injection de chlorure de cobalt ne détermine plus que la première phase inhibitrice. Ce même résultat avait déjà été observé sur l'intestin isolé par Wiechmann. Ainsi peut-on attribuer l'inhibition primitive, qui persiste d'ailleurs chez l'animal bisurrénalectomisé, à une action directe du sel sur l'intestin.

Par contre l'augmentation durable de l'amplitude des mouvements est déterminée par une action sur le système nerveux central.

Ainsi avons-nous été conduits à penser que le chlorure de cobalt exerce chez le chien, en dehors d'une action locale passagère sur les organes, une action sur le système nerveux végétatif. Nous avons recherché les modifications que subissent chez le chien chloralósé, sous l'influence d'une injection intraveineuse de chlorure de cobalt, d'une part la réflectivité et le tonus sympathique et parasympathique, d'autre part le fonctionnement des appareils périphériques.

— Nous n'avons noté aucune modification sensible de la réflectivité parasympathique : on n'observe en effet aucune variation du réflexe oculo-cardiaque ou des effets cardio-vasculaires provoqués par l'excitation faradique du nerf de Hering.

Au contraire l'excitabilité sympathique, étudiée à l'aide du réflexe solaire, s'est toujours montrée très diminuée après administration du sel.

D'autre part le tonus sympathique, interrogé par l'étude de l'effet hypertenseur, provoqué par l'occlusion temporaire des carotides primitives chez le chien à nerfs pneumogastriques sectionnés, a toujours été très diminué, pendant plus d'une heure et demie après l'injection de sel de cobalt.

Enfin nous avons pu observer que l'injection intraveineuse de chlorure de cobalt est régulièrement suivie d'une diminution nette de l'effet accélérateur provoqué par excitation faradique des nerfs accélérateurs cardiaques et d'une diminution des effets hypertenseurs provoqués par des injections intraveineuses successives de mêmes doses d'adrénaline.

Ainsi la chute marquée et durable de la pression artérielle et les modifications de la motricité intestinale, provoquées par l'administration de chlorure de cobalt, reconnaissent pour cause à la fois une action locale et surtout des modifications importantes du fonctionnement du système nerveux végétatif, se traduisant par une diminution de l'excitabilité et du tonus sympathiques.

PHARMACODYNAMIE. — *Différenciation par la novocaïne des effets déresseurs de l'ésérine sur le cœur et de son action sensibilisante à l'acétylcholine*. Note de M. RENÉ HAZARD, M^{lle} ÉLISABETH CORTEGGIANI et M. JEAN CHEYMOL, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'ésérine exerce sur le cœur une action dépressive, inotrope et chronotrope négative. Quel en est le mécanisme ? S'agit-il, comme on l'a soutenu, d'un effet indirect en rapport avec le pouvoir antistérasique de cet alcaloïde dont on sait, depuis les travaux de O. Lœwi et de E. Navratil (¹), qu'il prolonge l'action parasympathomimétique de l'acétylcholine injectée ou produite par excitation vagale ? S'agit-il au contraire d'une action directe exercée sur le cœur ? L'emploi de la novocaïne comme réactif permet de dissocier l'un de l'autre ces deux facteurs.

Chez le chien chloralosé, soumis à la respiration artificielle et vagotomisé, on enregistre les contractions du cœur *in situ* suspendu par son péricarde. Si l'on injecte dans la saphène des doses de salicylate d'ésérine variant, suivant la sensibilité de l'animal, de 100 à 200^{us} (par kilogramme, comme pour tous les produits utilisés), on observe après quelques secondes une diminution progressive de l'amplitude et un ralentissement du rythme des contractions cardiaques. On constate en même temps l'apparition, dans tout le corps de l'animal, de secousses musculaires plus ou moins généralisées.

Au bout d'une trentaine de minutes les contractions cardiaques ont repris sensiblement leur amplitude et leur rythme normaux. Si, entre deux injections successives de la même dose, l'on attend un temps suffisant (de 45 à 60 minutes), on peut reproduire deux ou trois fois de suite les effets dépressifs de l'ésérine sur le cœur. L'action antagoniste de la novocaïne peut s'observer de deux façons : 1° Si l'on en injecte de 0^g,01 à 0^g,03 avant de mettre en œuvre pour la seconde fois la dose d'ésérine qui s'était d'abord montrée efficace, on constate la suppression totale des effets dépressifs ésériniques. 2° Si l'on injecte la novocaïne pendant que l'ésérine exerce son plein effet, on observe un retour immédiat des contractions cardiaques normales.

On constate en outre que la novocaïne supprime l'effet musculaire excitant de l'ésérine. Au bout d'une vingtaine de minutes, la novocaïne ayant perdu son activité par hydrolyse (²), l'ésérine encore présente dans l'organisme exerce à nouveau ses effets musculaires sans que reparaisse son action cardiaque.

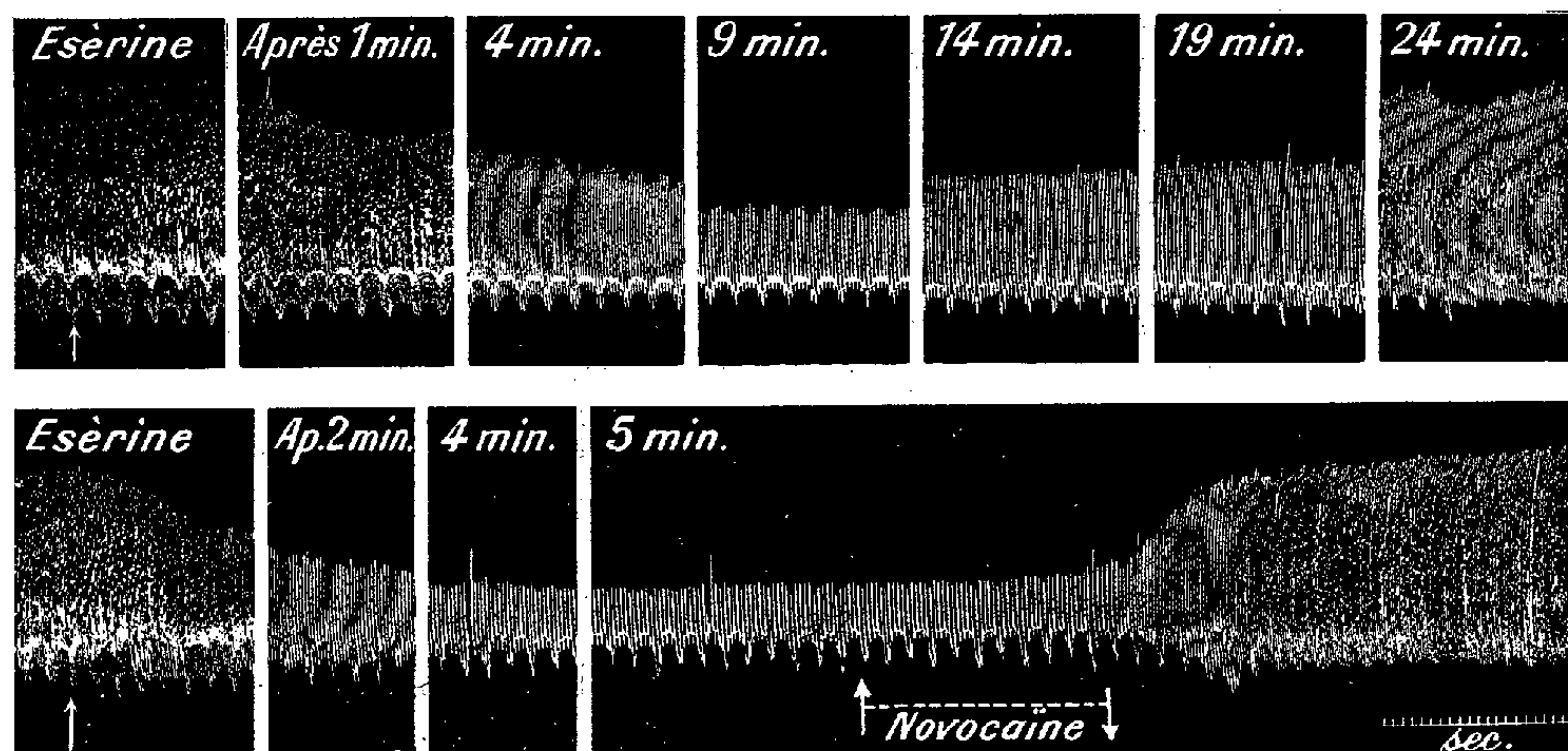
Nous avons déjà montré que la novocaïne supprime l'action inotrope négative de petites doses d'acétylcholine (³); mais, lorsque ces petites doses voient leurs effets cardiaques puissamment renforcés par l'ésérine, la novocaïne (0^g,01 à 0^g,05) les laisse se manifester parfois intégralement, le plus souvent un peu

(¹) *Arch. f. ges. Physiologie*, 214, 1926, pp. 689-696.

(²) R. HAZARD, et J. RAVASSE, *C. R. Soc. Biol.*, 10 février 1945 (sous presse).

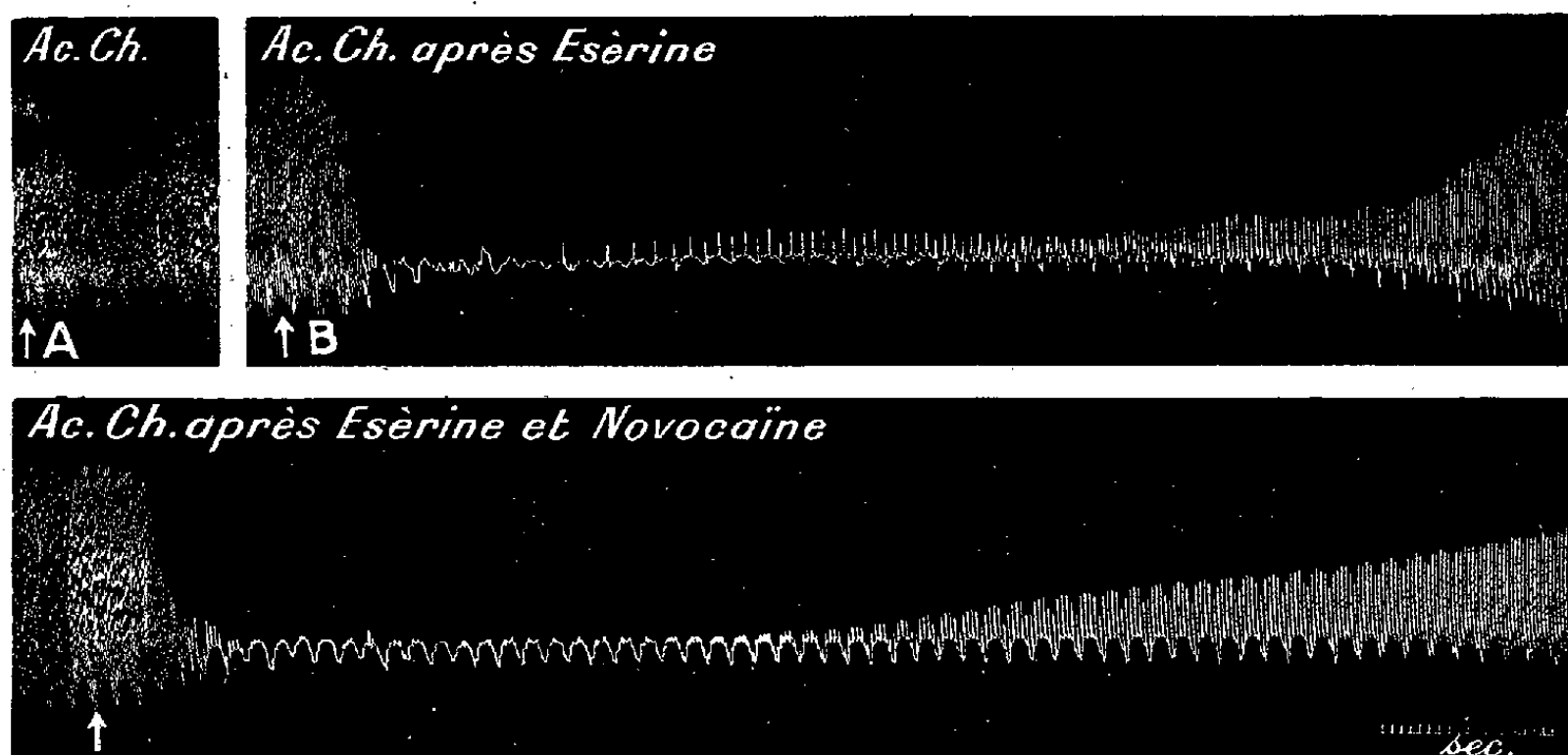
(³) R. HAZARD, E. CORTEGGIANI et J. CHEYMOL, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 262; *Revue Scientifique*, 84, 1944, p. 109.

réduits, cependant qu'elle supprime l'action directe de l'ésérine sur le cœur.



Suppression par la novocaïne de l'action dépressive cardiaque de l'ésérine.

Chien ♀ 12 kg., chloralosé, vagues sectionnés. Inscription des mouvements de l'auricule cardiaque. 1^{re} ligne : en (↑) injection intraveineuse de 300 µg de salicylate d'ésérine. 2^e ligne : en (↑) injection intraveineuse de 200 µg de salicylate d'ésérine, puis en (↑-↓) de 0,02 de novocaïne. (Tracés réduits de moitié, temps en secondes.)



Non-suppression par la novocaïne de l'augmentation par l'ésérine des effets cardiaques de l'acétylcholine (même chien et mêmes indications que ci-dessus).

1^{re} ligne : en (↑) A, injection intraveineuse de 20 µg d'acétylcholine; en (↑) B, injection intraveineuse de 20 µg d'acétylcholine, 20 minutes après l'injection de 200 µg de salicylate d'ésérine. 2^e ligne : en (↑), injection de 20 µg d'acétylcholine après injection, 10 minutes avant, de 200 µg de salicylate d'ésérine et 4 minutes avant, de 0,02 de novocaïne. (Tracés réduits de moitié, temps en secondes.)

Dans l'action inhibitrice que l'ésérine exerce sur le cœur, la novocaïne, aux doses utilisées, permet donc de séparer : d'une part, un effet sans doute musculaire direct qu'elle supprime, et d'autre part, un effet indirect, qu'elle respecte, de sensibilisation à l'acétylcholine.

BIOLOGIE. — *Sur la lecture des écailles de quelques Poissons du Niger moyen.*

Note de M. THÉODORE MONOD, présentée par M. Louis Fage.

Il était naturel que la méthode de lecture des écailles se vît essayée dans la zone intertropicale. Des tentatives ont été faites, avec des résultats très instructifs.

E. Mohr ⁽¹⁾, observant des annuli sur des écailles de Poissons d'eau douce de Malaisie, de Ceylan et de Nouvelle-Poméranie, et sur un Poisson de mer de cette dernière région, suppose que les marques pourraient être plutôt en rapport avec la reproduction qu'avec des changements saisonniers de température.

P. Chevey remarque ⁽²⁾ d'abord que, pour une même espèce, les écailles des exemplaires tonkinois (températures estivales de l'eau superficielle 27-28°, hivernale 23-24°) portaient des annuli d'arrêts de croissance, tandis que celles d'exemplaires cochinchinois (température de l'eau de surface sensiblement constante 27-28°) témoignaient, par l'absence d'annuli, d'une croissance continue. L'auteur en conclut qu'un écart thermique estivo-hivernal de l'eau, de 4-5°, « semble suffisant pour provoquer un ralentissement de croissance chez les poissons, et son inscription sur les écailles » (*loc. cit.*, p. 1226).

Que la température ne soit pas toujours seule en cause, P. Chevey l'a reconnu lui-même en constatant l'existence d'annuli : 1° d'abord sur des Poissons marins des bouches du Mékong et du Bassac (soumis à un rythme saisonnier de leur alimentation, en rapport lui-même avec la crue des fleuves), et ensuite 2° sur les Poissons d'eau douce des grands fleuves de Cochinchine et du Cambodge et ceux du Grand Lac ⁽³⁾.

P. Chevey attribue ici les arrêts de croissance enregistrés par les écailles « aux mauvaises conditions de la saison des basses eaux qui représente, pour ces Poissons, un véritable hiver, physiologiquement parlant ». On pourra donc parler désormais, dans l'étude de telles écailles, de « cercles de basses eaux » et de « zones de hautes eaux » ⁽⁴⁾.

En Afrique, dans le lac Nyassa, C. K. Ricardo Bertran, M. J. H. Borley et H. Trewavas ne trouvent pas d'annuli sur les écailles examinées et remarquent que « in tropical regions there is not sufficient seasonal variation to alter the rate of growth and so form distinct rings on the scales » ⁽⁵⁾.

La température, une fois de plus, n'explique point le fait à elle seule, car celle du lac a varié, en surface, du 8 mars au 22 juillet 1939, entre 21°,4 et 28°,1, avec un écart notablement plus considérable que celui qui, au Tonkin, accompagne un arrêt de croissance.

⁽¹⁾ *Zool. Anz.*, 53, 1921, pp. 87-95, 2 fig.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 189, 1929, pp. 1226-1227.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 190, 1930, pp. 280-281.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 191, 1930, pp. 1475-1476.

⁽⁵⁾ *Report on the Fish and Fisheries of Lake Nyassa*, 1942, p. 65.

Sur le Niger moyen (région Diafarabé-Lac Débo), j'ai constaté la présence de plusieurs espèces d'annuli, manifestement comparables aux « cercles de basses eaux » des écailles du Cambodge ⁽⁶⁾. Sans doute la température de l'eau peut-elle être à la fois plus basse et plus haute qu'au lac Nyassa (Kouroussa : 1938-1941, 17°,3-38°,3; $m=27°,0$; Niamey : 1938-1941, 18°,8-37°,0; $m=28°,1$). Seulement, au Nyassa, les conditions générales sont relativement très stables, et les espèces n'éprouvent pas, dans leur mode de vie, et, en particulier, dans leur alimentation, d'épisodes bien saillants; celle-ci demeure probablement très peu variée, tant en quantité qu'en qualité.

Le cas des Poissons du Niger moyen, dans la zone d'inondation, est absolument différent. Ici il y a des épisodes, très marqués, qui ont certainement leur profond retentissement sur l'alimentation. Basses eaux, hautes eaux, ce sont ici deux mondes différents. Le Lac Débo, en juin, est une plaine calcinée et poussiéreuse, piétinée par les troupeaux peuls ou touaregs à la recherche des derniers brins de paille, parcourue d'un lacs de modestes chenaux, que l'on passe à gué, et semés de bancs de sable nus où l'on voit le sol monter à 71°. Six mois plus tard, le Lac Débo est une véritable mer qui s'étend à perte de vue avec, à l'occasion, ses tempêtes, une flore aquatique abondante, d'immenses prairies d'*Echinochloa*, des Nymphæas, des Limnanthèmes, avec des Ottolias, des Pistias innombrables en tapis serré et, bien entendu, dans les eaux si riches et de matière végétale et d'abris, une pullulation de vie animale. Les variations de volume correspondant à un pareil régime, sont, naturellement, énormes. A Diamarabougou (près de Ségou), on a vu le débit passer de 30^m sec. en avril 1913, à 7800^m sec. en octobre 1925; à Koulikoro, de 37 à 11700^m sec., avec un rapport, entre ces chiffres extrêmes, de 316.

On peut penser que, sur les Poissons, deux milieux, à tant d'égards si différents, ont chacun leur influence particulière, et que les basses eaux sont, tant pour les espèces végétariennes que pour les microphages et même les prédateurs, une période défavorable pour la nutrition. D'autant plus que la concurrence doit jouer alors très sérieusement dans une population rassemblée dans des poches d'eau de superficie limitée. Cet effet des basses eaux, *hiver physiologique*, n'est encore qu'une hypothèse.

(⁶) Les espèces du Lac Débo et de la région de Diafarabé sur lesquelles j'ai observé des annuli et des zones de croissance sont les suivantes :

OSTEOGLOSSIDÆ : *Heterotis niloticus* (Cuvier); CHARACIDÆ (*Characinidæ* auct.) : *Hydrocyon brevis* (Günther); *Hydrocyon Forskalii* Cuvier; *Alestes dentex* (Linné); *Brycinus macrolepidotus* C. V.; *Distichodus brevipinnis* Günther; *Citharinus citharus* (Geoffroy); *Citharinus latus* Müll. Trosch.; *Citharinus Thomasi* Pellegrin. CYPRINIDÆ : *Labeo* sp. (prob. *coubie* Rüppel); *Labeo* sp. (prob. *senegalensis* C. V.); *Barbus seguensis* Pellegrin. SERRANIDÆ : *Lates niloticus* (Linné). CICHLIDÆ : *Tilapia nilotica* (Linné); *Tilapia galilæ* (Artedi).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Thérapeutiques non spécifiques du scorbut expérimental appliquées au Cobaye et variations correspondantes de la teneur de ses organes en acide ascorbique*. Note de MM. **RAOUL LECOQ**, **PAUL CHAUCHARD** et **M^{me} HENRIETTE MAZOUÉ**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le tableau chronaxique du scorbut expérimental obtenu, chez le Cobaye, au moyen du régime classique de Randoin et Lopez-Lomba, est, ainsi que nous l'avons montré, en faveur d'un déséquilibre alcalosique ⁽¹⁾ dans lequel intervient l'insuffisance de la fonction corticosurrénalienne ⁽²⁾. Par ailleurs les vitamines C et D se comportent comme des substances acidifiantes ⁽³⁾. Ces faits étant connus, il nous a semblé logique de tenter, dans le scorbut expérimental, l'essai de thérapeutiques acidifiantes ou capables de remédier à la défaillance corticosurrénale. L'action corrective de telles pratiques, satisfaisante dans le scorbut transitoire du Rat, n'est que fort atténuée dans le scorbut du Cobaye, où il y a simplement amendement plus ou moins durable des troubles chronaxiques ⁽⁴⁾. En vue de pénétrer les raisons de cette discordance, nous avons cru intéressant de rechercher quelle protection exerçaient les diverses substances mises en œuvre sur la richesse en acide ascorbique des tissus et organes du Cobaye carencé.

A cet effet des Cobayes de 400 à 600^g reçurent le régime varié du chenil (témoins), ou le régime scorbutigène de Randoin et Lopez-Lomba, pur ou additionné de vitamine C (0^{mg},5 par jour). Conjointement étaient tentés des essais de thérapeutique acidifiante, par suppression du lactate de calcium dans le régime, addition quotidienne de 20^r de calciférol ou de 6^{cs} d'acide phosphorique, et de thérapeutique corticosurrénalienne, comportant l'injection trihebdomadaire intrapéritonéale de 0^{mg},5 d'acétate de désoxycorticostérone ou de 1^{cm³} d'extrait corticosurrénal total. La durée des survies observées était exceptionnellement de 70 à 80 jours, après addition de 0^{mg},5 d'acide ascorbique (dose insuffisante pour compléter le régime) et de 25 à 35 jours dans les autres cas, sauf bien entendu chez les témoins. Environ 1 à 5 jours avant la mort, quand les jointures étaient devenues douloureuses, les selles sanguinolentes et l'aspect de déchéance physique accentué, les organes et tissus des sujets, préalablement décapités, étaient prélevés rapidement, broyés au sable de mer et épuisés par un mélange d'acide trichloracétique et d'acide métaphosphorique. Nous pratiquions ensuite le dosage de l'acide ascorbique (réduit) sur cet extrait (voir le tableau), par réduction du dichlorophénolindophénol, selon la technique préconisée pour le sang par A. Vinet ⁽⁵⁾. Nous déterminions également, chaque fois qu'il était possible, la réserve alcaline du sang oxalaté et recueilli sous huile de vaseline; exprimés en centimètres cubes de gaz

⁽¹⁾ R. LECOQ, P. CHAUCHARD et H. MAZOUÉ, *Rev. pathol. comp. et Hyg. gén.*, 44, 1944, p. 294.

⁽²⁾ A. GIROUD et A. R. RATSIMAMANGA, *Presse méd.*, 49, 1941, p. 841.

⁽³⁾ R. LECOQ, P. CHAUCHARD et H. MAZOUÉ, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 729; P. CHAUCHARD, H. MAZOUÉ et R. LECOQ, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 327.

⁽⁴⁾ P. CHAUCHARD, H. MAZOUÉ et R. LECOQ, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, séance du 14 avril.

⁽⁵⁾ *Bull. Soc. Chim. biol.*, 23, 1941, p. 354.

TABLEAU. — *Acide ascorbique réduit, en milligrammes pour 100^g de tissu frais.*

	Régime varié du chenil.	Régime scorbutigène							
		seul.	avec acide ascorbique		+ calci- férol.	+ acide phos- phorique.	sans lactate de calcium.	+ acétate de désoxy- cortico- stérone.	+ extrait cortico- surrénal.
			+ 100 ^{mg} (1).	+ 1/2 ^{mg}					
Surrénales..	111,3	1,4	124,5	24,5	2,0	8,2	5,1	2,8	8,5
Reins.....	10,4	0,6	11,1	3,2	0,8	1,1	1,1	0,3	1,2
Foie.....	21,0	2,5	23,4	5,1	1,7	3,2	3,5	1,6	0,8
Rate.....	26,8	0,8	35,5	4,3	0,5	1,4	1,5	7,3	10,8
Cerveau....	15,2	2,1	14,4	»	3,5	3,0	3,3	1,0	2,6
Poumons...	25,8	0,4	26,4	»	0,4	2,6	1,1	0,2	0,2
Ovaires....	63,8	»	»	35,2	8,6	33,8	38,8	»	»
Testicules..	»	2,5	»	»	»	»	»	1,5	3,1
Cœur.....	3,3	0,8	6,9	1,4	0,7	0,9	1,3	0,8	2,8
Muscles....	2,4	0,2	2,7	1,1	0,6	0,6	1,2	0,1	1,3

(1) Chiffres empruntés à A. R. Ratsimamanga (*Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1939).

carbonique % de plasma, ces derniers résultats, n'oscillant qu'entre 30 et 41^{cm}, se montraient relativement constants.

Interprétation des résultats et conclusions. — L'alcalose tissulaire des Cobayes scorbutiques, très rapidement décelable par chronaximétrie, n'entraîne, semble-t-il, qu'une modification nulle ou au plus qu'une élévation tardive de la réserve alcaline plasmatique.

Chez le Cobaye, dont l'organisme est incapable de synthétiser la vitamine C, l'alcalose du scorbut expérimental et ses effets peuvent se trouver compensés, sans que soient entravées ni l'évolution de la maladie ni ses manifestations osseuses et sanguines.

Sur le scorbut expérimental du Cobaye, l'effet spécifique d'une dose cependant insuffisante de vitamine C l'emporte en action sur les acidifiants simples (acide phosphorique ajouté ou lactate de calcium supprimé), et la protection porte électivement sur la réserve en acide ascorbique des capsules surrénales et des ovaires; le calciférol, de spécificité antirachitique, s'avère d'activité très inférieure et sans effet sur ces organes.

La protection exercée par les produits capables de suppléer à l'insuffisance corticosurrénale se trahit non seulement par l'élévation de la teneur en acide ascorbique des surrénales (quand on utilise l'extrait total), mais encore et assez curieusement par celle de la rate (aussi bien avec l'acétate de désoxycortico-stérone qu'avec l'extrait corticosurrénal), cette dernière ayant sans doute pour fonction de combattre l'anémie scorbutique.

Si les thérapeutiques non spécifiques mises en œuvre se montrent moins efficaces dans le scorbut expérimental du Cobaye que dans le scorbut transitoire du Rat, il convient d'en accuser l'impossibilité où se trouve l'organisme du Cobaye de synthétiser l'acide ascorbique et le rôle de suppléance momentanée et de complément de telles thérapeutiques.

A 16^h 10^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h 20^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 13 avril 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **HENRI HARTMANN** pour occuper, dans la Section de Médecine et Chirurgie, la place vacante par le décès de M. *Antonin Gosset*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **HENRI HARTMANN** prend place parmi ses Confrères.

BOTANIQUE. — *Le genre Nienokuea Chev. L'association symbiotique entre une Cypéracée et une Orchidée, spéciale aux tourbières de rochers de l'Ouest africain.*
Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER**.

Nous avons fait connaître ⁽¹⁾ l'existence de tourbières spéciales, sur les rochers des régions montagneuses de l'Ouest africain, et montré le rôle que jouaient ces tourbières en permettant parfois à la forêt vierge, en colonisant la tourbière, de prendre possession des massifs montagneux les plus abrupts. La tourbière est constituée en grande partie par les touffes énormes d'une Cypéracée *Eriospora pilosa* Benth. (*Catagyna pilosa* Hutch.), touffes formées par des rhizomes dressés côte à côte, perpendiculairement à la roche et constituant des saillies ayant parfois plus de 50^{cm} de hauteur et de diamètre ⁽²⁾. Ces touffes, plus ou moins distantes les unes des autres, forment des sortes de gros touradons entre lesquels s'étend un mince chevelu, tantôt sec, tantôt humide et spongieux, sur lequel s'installent parfois de petites plantes herbacées ou même des plantules d'arbres et d'arbustes. Quand le chevelu est humide, on voit se former des microassociations de plantes turficoles : *Sphagnum Chevalieri* Cardot, endémique, *Drosera indica* L., *Drymaria cordata* Willd., petits *Utricu-*

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 149, 1909, pp. 134 et 158.

⁽²⁾ *La Terre et la Vie*, 3, 1933, pp. 131-141.

laria divers, *Nasturtium humifusum* G. et P. (signalé, à tort pour nous, sous le nom de *Cardamine hirsuta* L.).

Dès l'époque déjà lointaine où nous avons fait ces observations, nous avons constaté qu'une Orchidée épiphyte croissait fréquemment sur les rhizomes dressés d'*Eriospora*, mais, n'ayant pas eu le temps de coordonner nos notes et de rapprocher cette Orchidée d'espèces déjà décrites, nous nous étions borné à la signaler sous les deux noms de *Polystachya cyperacearum* Chev. et *Nienokuea lutea* Chev. (*Explor. Bot. Afr. occ.*, pp. 616 et 622), le genre *Nienokuea* Chev. ⁽³⁾ étant resté *nomen nudum*.

Nous avons pu reprendre dans ces derniers temps l'étude de cette remarquable Orchidée, signalée dans Hutchinson et Dalziel (*Flora W. trop. Africa*, II, p. 439), sous le nom de *Polystachya microbambusa* Kraenzl. et constaté qu'elle constitue bien un genre différent des *Polystachya*. Nous le décrivons ci-après :

Nienokuea Chev. (*Explor. Bot. A. O. F.*, 1920, p. 222) (*nomen*). Diffère du genre *Polystachya* par des tiges persistant des années, droites, rigides, grêles, surmontant un rhizome \pm couché sur le tronc support, terminées par 6 à 10 feuilles subdistiques, linéaires, pliées en gouttière, au-dessus desquelles sont un scape grêle dressé donnant insertion à 5-8 fleurs disposées en épi.

Fleurs à sépales et pétales dressés, à contour subcylindrique. Lèvre triangulaire lancéolée, à lobes latéraux repliés en dessus et comme imbriqués, le lobe médian étalé, lancéolé et très aigu. Pollinies soudées 2 à 2.

L'espèce se caractérise ainsi :

N. microbambusa (Kraenzl.) Chev. = *N. lutea* Chev. = *Polystachya cyperacearum* Chev. = *P. microbambusa* Kraenzl. (*Kew Bull.*, 1926, p. 245). (La description de Kraenzlin a été faite sur un spécimen récolté par notre mission en 1909 aux environs de Bouaké à la Côte d'Ivoire.)

Plante parfois acaule, plus souvent à tiges grêles longues de 30 à 50^{cm}, munies à la base de racines appliquées sur le tronc d'*Eriospora*, la partie supérieure se terminant par un bouquet de 8 à 19 feuilles distiques, dressées-étalées, rigides, linéaires-subulées, longues de 8 à 16^{cm}, à fines nervures longitudinales saillantes, avec un scape terminal raide, grêle, long de 4 à 8^{cm}, à rachis pubescent donnant insertion à 3-8 fleurs inodores, longues de 15 à 18^{mm}, d'un jaune vif; sépales lancéolés, acuminés, de 12 à 15^{mm}; pétales oblongs linéaires; acuminés, de 10^{mm} de long; lèvre trilobée, le lobe médian triangulaire, lancéolé de 5 à 12^{mm} de long, jaune et glabre au dehors, jaune vif en dedans, avec une raie rouge ou jaune foncé sur le palais, très pubescente; columelle longue de 4 à 5^{mm}. Fruit oblong avec 6 côtes saillantes, long de 20^{mm}, pubescent.

D'après Kraenzlin la plante rappelle *Polystachya ensifolia* Lindley, de l'île des Princes, espèce que nous ne connaissons pas.

Le *Nienokuea microbambusa* est très remarquable par son mode de végétation. La jeune plante se développe sur les fibres mortes qui constituent le tronc de la

(³) Nom emprunté au Mont Niénokué, massif granitique de la Basse Côte d'Ivoire, près du Cavally, au nord du Fort-Binger, où la plante est abondante.

Cypéracée. L'Orchidée est d'abord acaule; de la rosette des feuilles naît une courte tige florale renflée à la base en un pseudo-bulbe fusiforme ou conique, charnu, caché par les gaines des feuilles qui persistent longtemps à l'état desséché après la floraison; parfois deux de ces pseudo-bulbes sont superposés. Après la maturation des graines et le dessèchement des feuilles, un bourgeon naît à la base du pseudo-bulbe, qui est rejeté latéralement et persiste une année ou deux après s'être ridé. Le bourgeon produit l'année suivante une nouvelle tige de 2 ou 3^{cm} portant une rosette de feuilles, d'où naîtra une nouvelle inflorescence, et ainsi de suite. L'allongement de la tige est ainsi sympodial et chaque élongation annuelle se met dans le prolongement de la précédente; la tige reste droite ou légèrement en zigzag, les petits pseudo-bulbes oblongs sont rejetés sur le côté; ils se dessèchent et disparaissent à la longue. En même temps la tige à la base perd sa carnosité et devient un cordon rigide desséché, dressé, qui supporte la partie vivante florifère émergeant au milieu des feuilles d'*Eriospora*, qui forment une véritable prairie herbeuse quand les troncs de la Cypéracée sont rapprochés. Le *Nienokuea* donne alors l'illusion d'être une Orchidée terrestre portée sur un long support, c'est-à-dire sur sa tige desséchée à sa base et qui s'allonge à l'extrémité opposée de quelques centimètres chaque année. L'élongation et la floraison se font à la saison des pluies.

Le *Nienokuea bambusoïdes* est commun sur tous les pitons montagneux de Guinée française compris entre Beyla, Kissidougou, Nzo, et de Nzo à Man en Côte d'Ivoire. Il est signalé dans la colonie de Sierra Leone. Nous l'avons vu aussi dans l'est de la Côte d'Ivoire, près Bouaké, et c'est de là que venaient les spécimens sur lesquels Kraenzlin a décrit l'espèce.

Lors de notre exploration du massif des Monts Nimba, notre vaillant compagnon F. Fleury, l'avait récolté sur tous les pics avoisinants entre 500 et 1600^m d'altitude.

M. Jacques Félix, qui a constaté aussi l'abondance de la plante aux environs de Kindia (Basse Guinée française), nous a signalé que les Noirs djallonkés de la région placent souvent au sommet du toit conique de leurs cases une touffe d'*Eriospora* avec les plants de *Nienokuea* qui y adhèrent. La cypéracée se dessèche rapidement et meurt, mais l'Orchidée reste vivante et fleurit plusieurs années de suite. Ce procédé de culture, d'origine sans doute magique, rappelle la plantation d'*Iris germanica* L. sur les toits de chaume en Normandie ou la culture du *Sempervivum tectorum* sur les toits de tuile en d'autres régions.

MICROBIOLOGIE. — *Action synergique de l'aldéhyde formique et de la chaleur sur la teneur du lait en germes microbiens.* Note de MM. GASTON RAMON, ROBERT DEBRÉ, RÉMY RICHOU, MARCEL LELONG et M^{me} ÉDITH BARGETON.

A l'occasion d'une Communication précédente ⁽¹⁾, nous avons fait connaître les résultats obtenus depuis 30 ans dans la conservation de la pureté bacté-

(¹) GASTON RAMON et RÉMY RICHOU, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 265.

logique des sérums thérapeutiques par l'emploi simultané du formol et de la chaleur. Des sérums antidiphthériques, antitétaniques etc., additionnés de 0^{cm³},5 de la solution commerciale d'aldéhyde formique par litre, puis soumis, après répartition en ampoules scellées, à un chauffage à la température de 55° pendant une heure, se maintiennent dans la suite, durant des mois et même des années, à l'état de stérilisation pratiquement parfaite.

Nous basant sur les résultats de cette expérience de très longue durée et portant sur des dizaines de millions d'ampoules de sérums de toutes sortes et aussi d'anatoxines diverses ayant subi le même traitement par le formol et la chaleur, nous avons entrepris de rechercher, comparativement, quel est l'effet de ces deux agents, soit isolés, soit associés, sur la teneur en germes microbiens du lait.

Un litre de lait est réparti, 16 heures après la traite, en quatre flacons de 250^{cm³} chacun. Dans le premier de ces flacons, le lait est gardé tel quel; dans le deuxième, il est chauffé, à la température de 65° durant 30 minutes; dans le troisième, il est additionné de 0^{cm³},05 de la solution commerciale d'aldéhyde formique pour 100^{cm³}; dans le quatrième enfin; le lait est formolé à ce dernier taux, puis chauffé 30 minutes à 65°. Ces flacons, dont le lait a été ainsi diversément traité, sont laissés pendant toute la durée de l'expérience à la température du laboratoire (variant entre 15 à 22°).

Des prélèvements sont faits dans chaque flacon à des temps variables. En partant de chacun de ces prélèvements, on prépare des dilutions au 1/10, au 1/100, au 1/1000, au 1/10000, au 1/100000. On étale 0^{cm³},5 de chaque dilution à la surface d'une plaque de gélose nutritive coulée dans une boîte de Petri. Après un séjour de 48 heures à l'étuve à 36°, on effectue la numération des germes en comptant le nombre des colonies microbiennes qui ont fait leur apparition sur la gélose de chaque boîte de Petri.

Ces expériences ont donné les résultats suivants :

Teneur en germes microbiens par centimètre cube. — 1° Du lait cru :

16 heures après la traite, plusieurs centaines de milliers de germes vivants;

24 heures après la traite, plusieurs millions de germes. Vers la 36^e heure il avait *tourné*.

2° *Du lait chauffé* 30 minutes à 65° (alors qu'il contient déjà plusieurs centaines de milliers de germes par centimètre cube).

10 heures après chauffage, quelques milliers de germes.

52 heures après chauffage, plus d'un million de germes. Vers la 72^e heure après chauffage, il *tournait*.

3° *Du lait formolé au taux de 0,05 % :*

10 heures, après l'addition de formol.....	10000 germes
52. »	moins de 1000 »
4 jours	» 10000 »
6 »	près de 100000 »
10 »	environ 3000000 »
17 »	plus de 5000000 »

Le 18^e jour il *tournait*.

10 heures, après formolage et chauffage.....	moins de	1000 germes
52 » »	»	1000 »
100 » »	»	1000 »
6 jours »	environ	1000 »
10 » »	moins de	100 000 »
17 » »	environ	100 000 »
25 » »	»	100 000 »

D'après ces expériences et d'autres analogues, qui ont abouti à des résultats identiques, il y a une action synergique des plus nettes du formol et de la chaleur, lesquels après avoir assuré conjointement l'anéantissement quasi total des microbes vivants, ralentissent considérablement la multiplication des quelques germes ayant résisté à la destruction, à tel point que, 25 jours après avoir été ainsi traité, le lait renferme moins de germes que 16 heures après sa récolte. Cette action synergique du formol et de la chaleur sur la teneur en germes microbiens, qui se traduit par un effet bactéricide immédiat et par un effet bactériostatique prolongé, pourra être mise à profit pour la conservation du lait dans certaines circonstances et aussi, sans doute, pour certaines applications d'ordre thérapeutique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les changements moléculaires des substances cristallisables étendues sur le mercure.* Note de M. HENRI DEVAUX.

J'ai montré ⁽¹⁾ qu'une goutte de dimensions convenables d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre et d'autres sels s'étend sur le mercure en gardant des parties épaisses au centre et des parties minces à la périphérie. Les parties épaisses arrivent bientôt à cristalliser en houppes plates extrêmement fines, qui se soudent les unes aux autres en une nappe solide de polygones cristallins. La région périphérique de la lame, qui est très mince, reste indéfiniment sans cristalliser, ce qui est dû à ce que son adsorption par le mercure et par l'eau la rend plus ou moins insoluble. La substance, en effet, y a perdu plus ou moins son affinité pour l'eau, ce que l'on reconnaît en comprimant artificiellement la lame au moyen d'une barrière mobile. Elle perd bientôt sa fluidité, devient visqueuse, puis entièrement rigide par juxtaposition intime de ses molécules. Si, dès lors, on condense sur elle de la vapeur d'eau, elle reste rigide, ce qui est la preuve directe de son insolubilité.

La diminution ou la disparition de l'affinité hydrique des molécules de la substance qui touche le mercure dans les parties minces devrait dès lors s'observer aussi dans les parties épaisses. Il en est ainsi en effet. On en a la preuve en essayant de rétrécir en air humide l'ensemble d'une lame, parties minces et parties épaisses, ces dernières, qui étaient cristallisées, s'étant dissoutes sous l'influence de l'humidité.

On reconnaît alors, avant tout rétrécissement, que la lame entière est fluide, mais, par un rétrécissement suffisant, elle devient rigide; d'abord dans les parties minces, ce qui est prévu, mais aussitôt après pour les parties épaisses, ce qui est inattendu, mais s'explique en admettant, comme nous le prévoyions, que la couche des molécules insolubilisées par adsorption se continue dans la face profonde de la nappe épaisse; de sorte que toute la couche monomoléculaire qui est au contact du mercure est devenue insoluble par adsorption, même si elle est surmontée d'une couche plus ou moins épaisse de molécules ne touchant pas au mercure et dans laquelle la cristallisation peut être réalisée. Toutefois la rigidification par rétrécissement est toujours en retard dans les lames épaisses et elle est plus irrégulière.

C'est que, en réalité, le phénomène est très complexe, car, si on souffle de l'air humide, pendant un moment, sur une région étroite d'une couche épaisse et cristallisable, cette couche se transforme, par rétrécissement, et devient insoluble et incristallisable dans toute son épaisseur. Il semble alors que l'union avec le mercure arrive à s'étendre à plusieurs couches.

Le phénomène de brillance. — Sans opérer aucun souffle local, on peut constater qu'il existe toujours un état spécial d'adhérence au mercure sous les lames

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 565.

épaisses, lequel manque sous les lames monomoléculaires. Il suffit, pour l'observer, d'effectuer le rétrécissement en air libre, et non en air humide, c'est-à-dire en maintenant à l'état rigide la zone cristallisée, entourée d'une zone mince fluide. On constate alors que le rétrécissement porte d'abord presque uniquement sur cette zone mince, jusqu'à ce que celle-ci soit devenue rigide. Mais, aussitôt que cette rigidité est établie, le rétrécissement atteint aussi la plage cristallisée et provoque en elle l'apparition d'un éclat remarquable, un effet de miroir, comme si la lame était amalgamée. Ce changement, que j'appelle la *brillance*, apparaît à la périphérie de chaque touffe de cristaux, sous forme d'une couronne brillante entourant l'étoile rayonnée, puis envahit cette étoile elle-même. La brillance gagne ainsi la totalité de la lame cristalline visible, et même on la voit envahir aussi la zone périphérique, jusque-là obscure ou seulement nuageuse, ce qui laisse soupçonner des commencements de cristallisation, même dans les parties invisibles. Toutefois, dans les parties périphériques, qui sont les plus minces, les rétrécissements les plus forts ne provoquent que des plis parallèles très fins, pouvant montrer parfois des couleurs vives, mais non le vrai phénomène de miroir brillant que seules présentent les parties cristallisées.

La brillance, du reste, est un phénomène général. Je l'ai observée pour toutes les lames de substances étendues sur le mercure, minérales ou organiques, pourvu qu'elles fussent cristallines. Elle est absente pour les lames ne cristallisant pas, comme la gomme, l'albumine, le sucre (1) etc., même quand elles sont épaisses.

Mais l'état miroitant n'est pas permanent, il diminue dès qu'on cesse de rétrécir, ce qui montre que la couche où il se produit est visqueuse, les déformations qu'elle subit tendant à s'aplanir, ce qui permet de penser qu'une lame de substance épaisse sur le mercure serait plus ou moins gélifiée dans toute son épaisseur (2), sans doute par une adsorption partielle de mercure. Il est à remarquer que cette gélification rend la lame entière poisseuse, car elle engluie manifestement les lames de verre servant à l'essuyage. Et elle doit exister dès le début, lors de l'extension de la solution sur le mercure, car cette lame ne se perce pas de trous et ne se résout pas en globules à la façon de l'huile. Elle augmente longtemps, entravant de plus en plus la cristallisation, surtout en atmosphère humide, ce qui explique la variabilité singulière constatée dans les mesures de l'épaisseur minima de cristallisation.

Quant au fait même de la brillance, obtenue constamment par la compression des lames cristallines, il serait causé par une expulsion du mercure adsorbé dans la masse de la lame. Ce serait un phénomène semblable à celui de

(2) Les solutions de sucre, même concentrées, ne cristallisent jamais, même sous des épaisseurs de 5 à 10 molécules (*Mém. de l'Ac. des Sc.*, n° 66, 1942, p. 20).

(3) Fait déjà reconnu sur les lames monomoléculaires (*loc. cit.*, p. 20).

l'expulsion de l'eau adsorbée dans une lame mince soumise, elle aussi, à un rétrécissement forcé.

Nous avons déjà insisté sur ce phénomène remarquable ⁽³⁾, en montrant combien il est instructif de voir les lames de substances se comporter comme une éponge dont on peut expulser l'eau par une simple compression, et de constater ainsi directement la prépondérance des attractions réciproques des molécules semblables sur les attractions pour les molécules étrangères.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'Hydrologie scientifique. Commission du Bassin de la Seine. Cahier n° 4 : *La répartition des valeurs classées du maximum annuel dans le bassin de la Seine*, par VLADIMIR FROLOW.

2° PIERRE ROUSSEAU. *Histoire de la Science* (présenté par M. M. Caullery).

M. **JULIEN LOISEL** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les configurations de Kummer et de Klein.*

Note ⁽¹⁾ de M. **GASTON BENNETON**, présentée par M. Paul Montel.

Nous reprenons les notations précédemment utilisées ⁽²⁾ pour les configurations harmoniques (c'est-à-dire autopolaires par rapport à une quadrique) et faisons correspondre à tout point ou plan le quaternion ayant les mêmes coordonnées.

1. La configuration 16₆ de Kummer, ensemble de quatre tétraèdres mutuellement inscrits, est harmonique de plusieurs manières et, par un choix convenable des coordonnées, peut être exprimée sous la forme canonique de 16 quaternions *associés* JAJ'. Ses éléments (points et plans) s'écrivent alors

$$\begin{array}{cccc} A, & iA, & jA, & kA, \\ Ai, & iAi, & jAi, & kAi, \\ Aj, & iAj, & jAj, & kAj, \\ Ak, & iAk, & jAk, & kAk, \end{array}$$

et sont en incidence s'ils figurent dans une même ligne ou une même colonne

⁽¹⁾ *Loc. cit.*, p. 7.

⁽²⁾ Séance du 16 avril 1945.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 548.

du tableau. Suivant le système de coordonnées choisi, il y a $48^2 \cdot 5$ valeurs possibles du quaternion A , et autant de formes canoniques.

Certains groupements de sommets et de faces extraits de la configuration se traduisent par des formules très simples :

Étant donnés six sommets coplanaires, rangés dans un ordre quelconque, il est possible de trouver un tétraèdre de coordonnées par rapport auquel la configuration prend la forme canonique et qui attribue aux six sommets respectifs la formule

$$iA, jA, kA, Ai, Aj, Ak.$$

De même tout tétraèdre de Rosenhain, quel que soit l'ordre de ses sommets, peut s'écrire

$$A, iA, jA, kA.$$

Tout tétraèdre de Göpel relatif aux faces peut se mettre sous la forme

$$A, iAi, jAj, kAk,$$

les quatre points représentés par ces mêmes quaternions déterminant un tétraèdre de Göpel relatif aux sommets.

Des deux catégories précédentes de tétraèdres on déduit enfin cette forme canonique de l'hexade de Weber :

$$iA, jA, kA, iAi, jAj, kAk.$$

2. La configuration 60_{15} de Klein est la figure formée par les 15 tétraèdres de coordonnées, dits *tétraèdres fondamentaux*, par rapport à chacun desquels une configuration de Kummer prend la forme canonique JAJ' . Les 60 éléments de la configuration sont alors représentés par tous les quaternions qui possèdent seulement quatre associés distincts chacun,

$$J, J \pm J', J \pm \varepsilon J', 1 \pm i \pm j \pm k, J \pm J' \pm \varepsilon J'' \pm \varepsilon J''',$$

les lettres J, \dots, J''' désignant des unités différentes choisies entre $1, i, j, k$, et ε étant un scalaire de carré -1 .

Chaque tétraèdre fondamental est desmique avec huit autres et en liaison harmonique avec les six derniers :

Si l'on recherche de même, à l'intérieur de la configuration de Klein, tous les ensembles possibles de n tétraèdres tels que chacun d'eux soit desmique avec p autres et en liaison harmonique avec les $n - p - 1$ tétraèdres restants, on aboutit aux configurations harmoniques des types suivants :

$$8_3, 8_5, 12_3, 12_7, 16_3, 16_5, 16_7, 20_3, 20_7, 24_5, 24_7, 24_9, 32_9, 36_{11}, 40_9, 48_{13}.$$

3. Considérons la formule, prise avec un nombre pair de signes moins,

$$x \pm yi \pm zj \pm tk,$$

où x, y, z, t désignent une permutation quelconque de quatre nombres $x_0, y_0,$

z_0, t_0 . Elle représente 96 éléments formant un système de six configurations de Kummer dont chacune est quadruplement homologique de trois autres. Les centres et les plans d'homologie déterminent trois tétraèdres fondamentaux mutuellement desmiques.

La formule analogue

$$x + \eta y i + \eta' z j + \eta'' t k \quad (\eta \eta' \eta'' = 1),$$

où chaque η désigne un scalaire de carré ± 1 , détermine un système de 24 configurations de Kummer dont chacune est quadruplement homologique de six autres, les centres et les plans d'homologie formant une configuration 24₆ de six tétraèdres fondamentaux.

D'une manière générale, il existe 720 configurations de Kummer possédant les mêmes tétraèdres fondamentaux et projectivement équivalentes; chacune d'elles est homologique de 15 autres, par rapport aux éléments (sommets et faces opposées) des 15 tétraèdres fondamentaux, respectivement.

On en déduit que le groupe des 48².5 homographies conservant la configuration de Klein résulte, par multiplications successives, des 60 homologies involutives dont les centres et les plans d'homologie sont les sommets et les faces opposées des 15 tétraèdres de la configuration.

MÉCANIQUE. — *Sur des représentations planes du tenseur des contraintes dans un milieu continu.* Note de M. ANDRÉ CHARRUEAU, présentée par M. Henri Villat.

M. Paul Dupont ⁽¹⁾ a proposé, pour la représentation des contraintes autour d'un point, un abaque triangulaire plus simple que le diagramme de Mohr.

Nous devons signaler que nous avons déjà fait connaître, en avril et juin 1939 (*La Technique des travaux*, avril 1939, pp. 220-223; juin 1939, pp. 332-336, §§ 1, 2 et 3), une représentation de ce genre, dont nous avons, en même temps, indiqué de nombreuses propriétés.

Soient :

- P, un point du milieu;
- N_1, N_2, N_3 les contraintes principales, avec $N_1 < N_2 < N_3$;
- α, β, γ les cosinus directeurs d'une demi-normale à un élément par rapport à des axes dont les droites portent respectivement les contraintes principales N_1, N_2, N_3 ;
- Σ la sphère du centre P et de rayon unité;
- p le point de Σ dont les coordonnées sont α, β, γ par rapport aux axes;
- N et T la contrainte normale et la contrainte tangentielle s'exerçant sur l'élément considéré.

Nous comptons les compressions positivement.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 778-780.

Prenons maintenant dans un plan deux axes rectangulaires OX et OY.

1° Dans la représentation plane de Mohr, le point figuratif de p a pour coordonnées rectangulaires

$$\begin{aligned} X_1 &= N = N_1 \alpha^2 + N_2 \beta^2 + N_3 \gamma^2, \\ Y_1 &= |T|. \end{aligned}$$

2° Dans la représentation plane que nous avons indiquée en 1939, le point figuratif de p a pour coordonnées rectangulaires

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 = N = N_1 \alpha^2 + N_2 \beta^2 + N_3 \gamma^2, \\ Y_2 &= \frac{N^2 + T^2}{k} = \frac{1}{k} (N_1^2 \alpha^2 + N_2^2 \beta^2 + N_3^2 \gamma^2), \end{aligned}$$

k est une constante positive arbitraire.

3° Dans la représentation plane de M. Dupont, le point figuratif de p a pour coordonnées rectangulaires

$$\begin{aligned} X_3 &= (N_2 - N_1) (N_3 - N_2) \beta^2, \\ Y_3 &= (N_3 - N_1) (N_3 - N_2) \gamma^2. \end{aligned}$$

On voit, en se reportant à nos articles précités et à la Note de M. Dupont, que la représentation qu'il propose et celle que nous avons indiquée en 1939 ont une très grande analogie. Ceci dû au fait que l'on passe de l'une de ces représentations à l'autre par une *affinité*. La représentation de M. Dupont est comprise dans celles dont nous avons parlé au paragraphe 3 a du second de nos articles précités.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination de l'axe élastique d'une aile d'avion.*

Note de M. **ROBERT MAZET**, présentée par M. Henri Villat.

On admet communément que, dans une aile d'avion rapportée à l'encastrement et à un axe de référence longitudinal (D) arbitrairement choisi, l'angle de rotation θ de la section transversale d'abscisse x , supposée indéformable, ne dépend, en dehors de x , que de l'angle de rotation β_2 de la section terminale (d'abscisse l_1)

$$\theta = f_2(x) \beta_2 \quad [\text{avec } f_2(0) = 0, f_2(l_1) = 1] \quad (1).$$

Il en résulte que l'axe élastique peut être pratiquement défini comme le lieu des points de l'aile dont la flèche ne change pas lorsque, entre deux essais de chargement statique, on déplace les charges parallèlement à l'encastrement.

Malheureusement l'expérience ne confirme pas cette hypothèse. Elle montre en effet que θ ne dépend pas seulement de β_2 , mais aussi du déplacement vertical d'un point de l'axe (D), de celui, par exemple, qui a pour abscisse l_1 ;

(1) Voir par exemple Y. ROCARD, *Dynamique générale des vibrations*, Paris, 1943, p. 106.

soit $l_1 \beta_1$ ce déplacement :

$$0 = f_2(x) \beta_2 + g_2(x) \beta_1 \quad [\text{avec } g_2(0) = g_2(l_1) = 0].$$

La présence de la fonction $g_2(x)$ fait disparaître la propriété sur laquelle reposait la définition (et la détermination pratique) de l'axe élastique. Il faut alors faire appel à deux autres propriétés de cet axe (E), qui, elles, se conservent

a. L'axe appartient à la famille des courbes (M) telles que la flèche en chacun de leurs points soit indépendante de la torsion β_2 de l'aile pour une même valeur de la flèche au point d'abscisse l_1 .

b Lorsque la déformation est définie par la flèche $l_1 \alpha_1$ du point de (E) d'abscisse l_1 et l'angle de rotation α_2 (*alias* β_2) de la section terminale, il n'y a pas de couplage élastique entre flexion et torsion; autrement dit le potentiel élastique V prend la forme

$$V = \frac{1}{2} k_1 \alpha_1^2 + \frac{1}{2} k_2 \alpha_2^2 \quad (^2).$$

Soit $\sigma(x)$ l'ordonnée du point de (E) d'abscisse x ; sachant que le déplacement vertical ζ du point de (D) d'abscisse x est de la forme

$$\zeta = l_1 [f_1(x) \beta_1 + g_1(x) \beta_2] \quad [\text{avec } f_1(0) = 0, f_1(l_1) = 1, g_1(0) = g_1(l_1) = 0];$$

la propriété *a*) permet d'écrire

$$\sigma(x) = l_1 \frac{\frac{\sigma_1}{l_1} f_1(x) - g_1(x)}{f_2(x) - \frac{\sigma_1}{l_1} g_2(x)},$$

qui définit la famille (M) en fonction du paramètre $\sigma_1 [= \sigma(l_1)]$.

Ensuite, sachant que le potentiel élastique, calculé en fonction de β_1 et de β_2 , a pour expression

$$V = \frac{1}{2} K_1 \beta_1^2 + K_{12} \beta_1 \beta_2 + \frac{1}{2} K_2 \beta_2^2,$$

la propriété (*b*) détermine la valeur de σ_1 qui correspond à l'axe (E)

$$\sigma_1 = \frac{K_{12}}{K_1} l_1.$$

Les essais statiques habituels fournissent les fonctions $f_1(x)$, $g_1(x)$, $f_2(x)$, $g_2(x)$, ainsi que les coefficients K_1 , K_{12} , K_2 . On a donc tout ce qu'il faut pour tracer l'axe élastique.

On doit logiquement s'attendre à ce que l'introduction de la fonction $g_2(x)$ conduise à un meilleur accord de la théorie des mouvements de l'aile avec les faits expérimentaux. Il en est bien ainsi, en particulier, pour le calcul des fréquences critiques au sol. Dans l'expression de la force vive de l'aile en

(²) *Op. cit.*, p. 107.

fonction de β'_1 et de β'_2

$$2T = I_1 \beta_1'^2 + 2I_{12} \beta_1' \beta_2' + I_2 \beta_2'^2,$$

les coefficients I_1 et I_{12} [qui dépendent maintenant des quatre fonctions $f_1(x)$, $g_1(x)$, $f_2(x)$, $g_2(x)$] sont modifiés; il en est donc de même des racines de l'équation caractéristique aux périodes propres. On constate effectivement une amélioration assez nette de la prévision de la fréquence critique de torsion.

ÉLASTICITÉ. — *Problème linéaire de l'élasticité dans le cas où les forces sont connues à la frontière*, Note de M. **JACQUES RIVAUD**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que l'application de la méthode de Fredholm aux problèmes de l'élasticité conduit à des systèmes d'équations intégrales où figurent des intégrales prises en valeurs principales. S'il est aisé de se ramener à des systèmes réguliers dans le cas du premier problème aux limites, l'étude du second problème (efforts donnés à la frontière) est plus difficile.

J'ai envisagé l'application des méthodes de Giraud et Tricomi au système à intégrales principales qui correspond à ce cas. Toute la difficulté de la question est dans la recherche des noyaux qui, par composition avec ceux du système, font disparaître les intégrales principales. J'ai obtenu des expressions de ces noyaux et la validité des trois théorèmes de Fredholm dans un domaine excluant certaines valeurs réelles du paramètre λ qui figure devant les intégrales.

Rappelons que, en partant des potentiels de Somigliana,

$$u^{ij} = \delta^{ij} \frac{1}{r} + \frac{\alpha}{2} \frac{\partial^2 r}{\partial x^i \partial x^j},$$

le déplacement d'un point quelconque M à l'intérieur de la surface fermée σ est choisi de la forme

$$U^i(M) = \frac{1}{2\pi} \int_{\sigma} u^{ij}(M, P) \Phi^j(P) d\sigma_P,$$

les $\Phi^j(P)$ étant trois densités inconnues. Exprimant les conditions à la frontière, on obtient le système d'équations intégrales

$$(1) \quad F^i(M) = -\Phi^i(M) + \lambda \int_{\sigma} X^{ij}(M, P) \Phi^j(P) d\sigma_P,$$

où $\lambda = 1/2\pi$ dans le cas de l'élasticité; $F^i(M)$ désigne les composantes de la force donnée.

Les noyaux $X^{ij}(M, P)$ sont définis par

$$X^{ij}(M, P) = \left[-3\alpha \frac{\partial r}{\partial x^i} \frac{\partial r}{\partial x^j} + (1+\alpha) \delta^{ij} \right] \frac{d}{dn_M} \frac{1}{r} + (1+\alpha) \left[v^j(M) \frac{1}{\partial x^i} - v^i(M) \frac{\partial}{\partial x^j} \right].$$

Les dérivations de $r = MP$ sont prises par rapport aux coordonnées de M ; n , de cosinus directeurs ν^i , désigne la normale intérieure au point M de σ . Le système (1) est évidemment covariant par rapport aux changements d'axes cartésiens dans l'espace qui baigne la surface. Ce système, suivant une remarque de Fredholm, peut être condensé en une équation unique

$$F(M) = -\Phi(M) + \lambda \int_{\nu} X(M, P) \Phi(P) d\nu_P.$$

Le domaine ν étant la variété close constituée par trois surfaces fermées coïncidant avec σ ; X , F et Φ redonnent X^i , F^i , Φ^i suivant celle de ces surfaces où se trouvent M et P .

Pour l'application de la méthode de Giraud, il faut déterminer un tenseur $\mathcal{X}(M, P)$ du 2^e ordre, tel que, par composition avec l'équation précédente, on obtienne un noyau sommable. Ceci donne

$$F(M) + \lambda \int_{\nu} \mathcal{X}(M, P) F(P) d\nu_P = -[\Delta + \lambda^2 \psi(M)] \Phi(M) + \lambda \int_{\nu} L(M, P) \Phi(P) d\nu_P,$$

en désignant par Δ le tenseur unitaire du 2^e ordre et en posant

$$(3) \quad L(M, P) \equiv X(M, P) - \mathcal{X}(M, P) + \lambda \int_{\sigma} \mathcal{X}(M, A) X(A, P) d\sigma_A,$$

$\psi(M)$ étant enfin un tenseur du 2^e ordre déterminé par la connaissance de \mathcal{X} . On doit déterminer \mathcal{X} de façon que les $L(M, P)$ représentent des noyaux sommables. Seulement le calcul fait par Giraud n'est plus valable et l'on est obligé de revenir aux expressions développées des relations (3). Mais, en tenant compte de la forme tensorielle des systèmes ainsi obtenus et prenant en chaque point des axes particuliers, ces relations prennent une forme simplifiée qui permet la résolution. Les détails seront donnés ailleurs et je me contente d'indiquer ici que, en revenant aux axes initiaux, on constate que l'on peut prendre en général

$$\mathcal{X}^{ij}(M, P) = X^{ij}(M, P) [K \delta^{ij} + (1 - K) \nu^i \nu^j] + \lambda K \int_{\sigma} X^{ij}(M, A) X^{ij}(A, P) d\sigma_A,$$

$$\delta^{ij} + \lambda^2 \psi^{ij} = [1 - 4\pi^2 \lambda^2 (1 + \alpha)^2] [K \delta^{ij} + (1 - K) \nu^i \nu^j],$$

K désignant la constante $K = 1/1 - 2\pi^2 \lambda^2 (1 + \alpha)^2$.

On ramène enfin l'équation (3) à la forme habituelle en multipliant par le tenseur adjoint de $\Delta + \lambda^2 \psi$, soit D ; d'où

$$-\Phi(M) + \lambda \int_{\nu} D(M) L(M, P) \Phi(P) d\nu_P = D(M) F(M) + \lambda \int_{\nu} D(M) \mathcal{X}(M, P) F(P) d\nu_P.$$

Les calculs faits par Giraud pour montrer la validité des théorèmes de Fredholm s'appliquent alors en écartant les valeurs singulières $\lambda = \pm 1/2\pi(1 + \alpha)$ et $\lambda = \pm 1/\pi\sqrt{2}(1 + \alpha)$, qui ne peuvent intervenir dans le cas de l'élasticité puisque $\lambda = 1/2\pi$ et $-1 < \alpha < -1/4$.

Étudiant enfin le système homogène associé à (1), on trouve qu'il possède six solutions différentes de zéro et six seulement linéairement indépendantes. Expriment l'orthogonalité des fonctions données $F^i(M)$ avec ces six solutions, on retrouve, comme conditions nécessaires et suffisantes de l'existence de Φ^i , les équations classiques de l'équilibre des systèmes indéformables.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur une extension des régimes à la Poiseuille.*

Note de M. JULIEN KRAVTCHEKO, présentée par M. Henri Villat.

Les solutions explicites des équations de Navier, connues à ce jour, sont peu nombreuses, surtout celles qui sont susceptibles de servir au calcul d'une expérience. L'objet de cette Note est de répondre à une question posée par M. Ch. Camichel et de former une solution des équations de Navier, généralisant celle, aujourd'hui absolument classique, de Poiseuille. La méthode suivie est si élémentaire que j'ai considéré d'abord les résultats ci-dessous comme connus depuis longtemps. Cependant je n'en ai pas trouvé trace dans les ouvrages que j'ai consultés; ils peuvent, semble-t-il, rendre service aux physiciens qui recherchent les écoulements dont l'étude théorique n'exige pas de calculs inextricables et dont l'étude expérimentale soit relativement facile.

Rapportons l'espace à un système d'axes $Oxyz$ de coordonnées rectangulaires; Ox est horizontal, Oz est orienté suivant la verticale descendante. Soit Σ la portion de surface cylindrique, comprise entre les plans $x=0$ et $x=l$, dont les génératrices sont parallèles à Ox et dont la section droite, située dans le plan Oyz est une courbe fermée, simple C , limitant un domaine simplement connexe D et entourant, pour fixer les idées, le point O .

On envisage un écoulement *permanent* du fluide *incompressible* et *pesant* à travers Σ , tel que la vitesse de chaque particule du fluide soit parallèle à Ox (écoulement à la Poiseuille); en d'autres termes le mouvement envisagé est caractérisé, en variables d'Euler, par les conditions $v \equiv w \equiv 0$. En appelant alors μ le coefficient de viscosité du fluide, ρ sa densité (constante), p la pression hydrostatique et g l'accélération de la pesanteur, les équations de Navier qui gouvernent l'écoulement envisagé s'écrivent :

$$(I_1) \quad \mu \Delta u = \frac{\partial p}{\partial x};$$

$$(I_2) \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0;$$

$$(I_3) \quad \rho g - \frac{\partial p}{\partial z} = 0;$$

$$(I_4) \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0;$$

la solution u de ce système devant se réduire à 0 sur la frontière Σ du domaine du fluide en mouvement. (I_4) traduit l'hypothèse d'incompressibilité du fluide; on en tire $u = u(y, z)$ et aussi $du/dt \equiv 0$, relation utilisée pour écrire (I_1) . (I_2) et (I_3) entraînent $p = \varphi(x) + \rho g z$ où $\varphi(x)$ est une fonction à déterminer.

Moyennant ce résultat, (I₁) donne $\mu \Delta u(y, z) = \varphi'(x)$, ce qui se décompose en

$$(II_2) \quad \Delta u(y, z) = \frac{a}{\mu} \quad \text{avec } u = 0 \text{ sur } \Sigma;$$

$$(II_2) \quad \frac{\partial p}{\partial x} = \varphi'(x) = a$$

où a désigne une constante. On trouve d'abord

$$a = \frac{p_l - p_0}{l}; \quad p(x, y, z) = ax + \rho g z + p_0,$$

où l'on a posé $p(0, 0, 0) = p_0$, $p(l, 0, 0) = p_l$.

La résolution de (II₁) est classique. On pose

$$u_1(y, z) = -\frac{a}{2\pi\mu} \int_D \log \frac{1}{r} d\sigma$$

[r désignant la distance des points $P(y, z)$ et $M(\xi, \eta)$; $d\sigma = d\xi d\eta$]; d'après le théorème de Poisson, il vient $\Delta u_1 = a/\mu$; tout revient, dès lors, à chercher une fonction $u_2(y, z)$, harmonique dans D , telle que sur Σ on ait $u_2(y, z) = -u_1(y, z)$, c'est-à-dire à résoudre un problème de Dirichlet pour le domaine D . La solution de (II₁) est donc $u = u_1 + u_2$.

Le raisonnement montre de plus que les équations de Navier, relatives au cas d'un fluide incompressible, ne possèdent dans Σ qu'une seule solution indépendante du temps, telle que $v = w \equiv 0$, u se réduisant à zéro sur Σ . Enfin on voit que la répartition des vitesses dans la section droite D de Σ ne dépend pas de l'orientation du contour C par rapport à la verticale (1).

Les résultats seront donc particulièrement décisifs pour des contours fermés C pour lesquels on sait résoudre explicitement le problème de Dirichlet. Du point de vue physique, le cas où C se réduit à un rectangle est de beaucoup le plus intéressant; en raison des facilités de la réalisation expérimentale. La solution explicite fait intervenir les fonctions elliptiques; les tables numériques de répartition des vitesses seront publiées ailleurs.

La méthode permet aussi un calcul aisé du débit du liquide à travers Σ .

GÉODÉSIE. — *Altération des ondes transmises dans un médimarémètre, due à l'entraînement d'eau par la sonde.* Note (1) de M. JEAN VIGNAL, présentée par M. Georges Perrier.

Principe du médimarémètre. — Le médimarémètre, imaginé par Ch. Lallemand (2), fournit très simplement le niveau *moyen* de la mer, pendant une durée

(1) Ceci est un cas très particulier d'une propriété générale.

(1) Séance du 19 mars 1945.

(2) *Comptes rendus*, 106, 1888, p. 1524 et 1637.

suffisamment longue. Il est constitué par un tube rigide, cylindrique, disposé verticalement et communiquant avec la mer par l'intermédiaire d'une cloison poreuse, constamment immergée.

Si l'on appelle H le niveau de la mer, extérieur au médimarémètre, et h le niveau intérieur, au-dessus d'une même surface de référence, on a, t étant le temps exprimé *en jours*, et ρ étant un coefficient constant, réglable à volonté, appelé *module d'amortissement*, qui s'exprime également *en jours* et qui doit être compris entre quelques jours et 60 ou 80 jours :

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\rho} (H - h).$$

Une onde extérieure de période T (jours) et d'amplitude A se transmet à l'intérieur du tube avec la même période T , mais avec une amplitude réduite $a = rA$ et un retard θ (jours). En outre l'oscillation s'effectue autour du *même niveau moyen*. On a

$$r = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\pi^2 \frac{\rho^2}{T^2}}} \quad \text{et} \quad \frac{\theta}{T} = \frac{1}{2\pi} \arctan 2\pi \frac{\rho}{T}, \quad \text{avec } 0 < \frac{\theta}{T} < \frac{1}{4}.$$

Le coefficient de réduction d'amplitude r est d'autant plus faible que la période T est plus courte. Avec les valeurs pratiques du module d'amortissement ρ , les *ondes à courte période* (semi-diurnes et diurnes), d'amplitude élevée, sont presque complètement amorties; les *ondes à moyenne période* (semi-mensuelle, mensuelle, semi-annuelle), d'amplitude moyenne, le sont partiellement; les *ondes à longue période* (plusieurs années), découvertes par E. Prévot ⁽³⁾, d'amplitude petite, le sont à peine. Les oscillations intérieures sont donc de peu d'amplitude.

Le retard θ croît avec la période, sans jamais excéder la valeur ρ . Pour une durée notable devant ρ , le niveau moyen extérieur est donc le même que le niveau moyen intérieur au tube. Et celui-ci, vu la faible amplitude des oscillations intérieures, est sensiblement la moyenne des niveaux intérieurs mesurés *quotidiennement*. La mesure s'effectue à l'aide d'une *sonde* graduée que l'on plonge dans le tube.

Ajoutons qu'à l'intérieur du tube, les ondes *moyennes* et *longues*, seules observables par le mode de mesure précédent; sont aisées à déterminer, par exemple au moyen de l'analyse harmonique. Les formules ci-dessus donnent alors les ondes extérieures correspondantes.

Erreur, dite de la goutte d'eau, affectant le niveau moyen intérieur. — Une erreur, signalée par E. Prévot ⁽⁴⁾, entache le niveau moyen intérieur; elle est

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1345.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 265.

due à l'entraînement par la sonde de quelques gouttes d'eau à chaque mesure.

Si l'on appelle η_m la hauteur d'eau *quotidienne moyenne* enlevée par la sonde, de l'ordre du millimètre et en elle-même négligeable, le niveau moyen intérieur est trop faible de la quantité

$$c = \rho \eta_m.$$

Compte tenu des valeurs pratiques de ρ , cette erreur peut atteindre plusieurs centimètres.

Pour calculer la correction, le module ρ étant déterminé par ailleurs, on admet que la hauteur η_m est proportionnelle à la longueur moyenne immergée de la sonde h_m ; on pose, k étant un coefficient empirique, égal à 0,005 en Méditerranée,

$$\eta_m = k h_m.$$

En général la correction est ainsi calculée et appliquée par *intervalles annuels*.

Altération des ondes transmises dans le tube. — L'entraînement d'eau par la sonde produit un autre effet, non encore signalé. Il modifie le coefficient de réduction r et le retard θ . Deux cas sont à distinguer :

Pour les *ondes moyennes* (semi-mensuelle, mensuelle, semi-annuelle), comme la correction de la goutte d'eau est faite habituellement par intervalles *annuels*, les courbes des niveaux intérieurs sur lesquelles on les étudie se trouvent, en général, n'être pas affectées de cette correction, simple addition annuelle d'une constante. Appelons en ce cas r' et θ' les valeurs prises par r et θ .

Pour les *ondes longues* au contraire (dont la plus courte a une période d'environ 4 ans et demi), les dites courbes des niveaux intérieurs se trouvent, en général, affectées de la correction de la goutte d'eau, appliquée annuellement. Soient alors r'' et θ'' les valeurs de r et θ .

On démontre que, pour obtenir r'' et θ'' , il suffit de remplacer, dans les formules ci-dessus donnant r et θ , le module d'amortissement réel ρ par un module fictif $\rho' = \rho / (1 + \rho k)$.

On a de plus

$$r' = r'' \frac{1}{1 + \rho k}, \quad \theta' = \theta''.$$

D'après ces résultats, l'altération des ondes transmises dans le tube est toujours très faible. Il peut cependant être utile d'en tenir compte, dans certains cas, pour la détermination des ondes extérieures à partir des ondes intérieures observées. Exemples :

T.	K.	ρ .	r'/r .	r''/r .	$\theta - \theta' = \theta - \theta''$
$365 \times 1/2$ jours ⁽¹⁾ ...	0,005	20 jours	$1 - 7\%$	$1 + 7\%$	2 jours
» $\times 4$ »	»	80 »	$1 - 5$	$1 + 33$	3,5 »
» $\times 4$ » ⁽²⁾ ...	»	80 »	$1 - 27$	$1 + 3$	21 »

⁽¹⁾ Onde semi-annuelle.

⁽²⁾ Période voisine de la plus courte des ondes longues.

MAGNÉTISME. — *Étude de noyaux ferromagnétiques soumis à une induction sinusoïdale.* Note de M. ISRAËL ÉPELBOIM, présentée par M. Aimé Cotton.

Le pont à capacité variable utilisé dans les mesures décrites précédemment ⁽¹⁾ permet d'établir une tension sinusoïdale aux bornes de la bobine d'essai : on réalise ainsi une induction sinusoïdale, dans la mesure où l'on peut négliger la résistance du bobinage. D'après la convention de Kapp, le courant démagnétisant I_d contient tous les courants de pertes :

$$(1) \quad I_d = i_{\text{Foucault}} + i_{\text{hystérésis}} + i_{\text{traînage magnétique}}.$$

J'ai utilisé cette formule pour déterminer l'angle de pertes (décalage de l'induction par rapport au champ), dans le cas d'une induction sinusoïdale.

Les courants de Foucault sont proportionnels et en phase avec la tension U

$$i_{\text{Foucault}} = cU,$$

les courants de pertes par hystérésis sont

$$i_{\text{hystérésis}} = I_m \sin \alpha_H,$$

α_H étant l'angle d'avance du courant fictif d'hystérésis sur le courant magnétisant I_m ;
enfin le courant de perte dû au traînage magnétique est

$$i_{\text{traînage}} = \varepsilon I_m$$

ε étant la constante de traînage magnétique.

En introduisant la notion de perméabilité dynamique, et avec les notations utilisées dans la Communication précitée ⁽¹⁾, on arrive à

$$(2) \quad \tan \alpha = \frac{C}{A} \omega \mu + \tan \alpha_H + \varepsilon.$$

Cette formule est plus générale que celle établie par Jordan ⁽²⁾ dans le cas d'un champ sinusoïdal. Elle tient compte de l'influence de l'hystérésis sur les courants de Foucault et sur les courants de pertes par traînage et, par suite, elle s'applique à des angles beaucoup plus grands, à condition d'avoir un effet de peau et une constante de traînage faibles.

Si le conducteur obéit à la loi de Rayleigh, la perméabilité d'amplitude (définie sur la boucle d'hystérésis comme le rapport des maxima de l'induction et du champ) s'exprime en fonction du champ par

$$(3) \quad \mu_{\text{amp}} = a + 2bH_1.$$

Le développement de l'expression de Rayleigh en série de Fourier, dans le

⁽¹⁾ FALLOT, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 604.

⁽²⁾ *Elektr. Nachr.*, 1, 1924, p. 7.

cas d'une induction sinusoïdale, m'a permis de constater que les perméabilités d'amplitude et dynamique peuvent être confondues pour des valeurs n'excédant pas 15 % de la perméabilité initiale. Si elles dépassent ces 15 %, la perméabilité dynamique devient supérieure à la perméabilité d'amplitude; les harmoniques ne sont plus complètement négligeables et leur influence complique alors la vérification de la loi de Rayleigh.

Lorsque cette loi s'applique, la formule (2) devient, dans le cas du champ nul :

$$(4) \quad \tan \alpha_0 = \frac{C}{A} \omega a + \varepsilon.$$

A titre d'application j'ai étudié, à l'état trempé et recuit, des noyaux de permalloy, de mumétal et d'anhyster en rubans, ayant pour épaisseurs 0,1 à 0^{mm},2, et protégés contre les courants de Foucault par une couche d'alumine. La diminution de résistance électrique (32 % dans le cas du permalloy) a permis de constater l'affaiblissement des tensions internes.

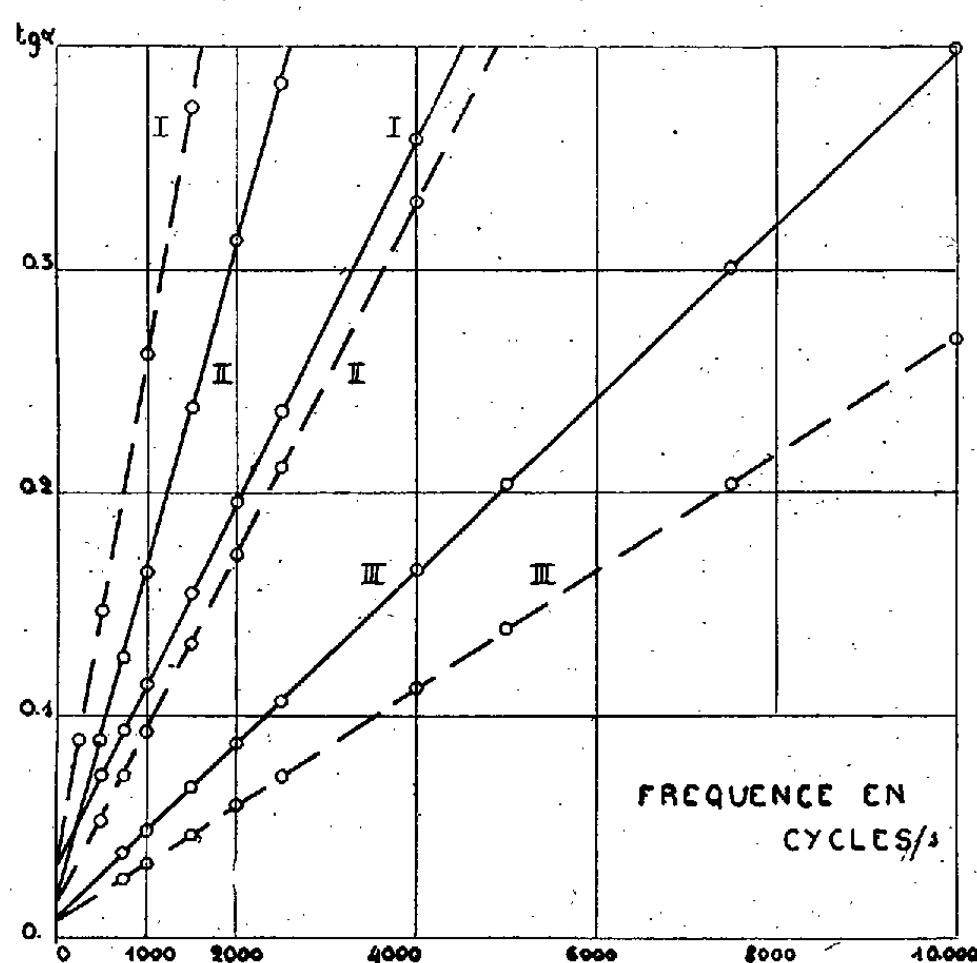


Fig. 1. — Angle de perte pour un champ nul.

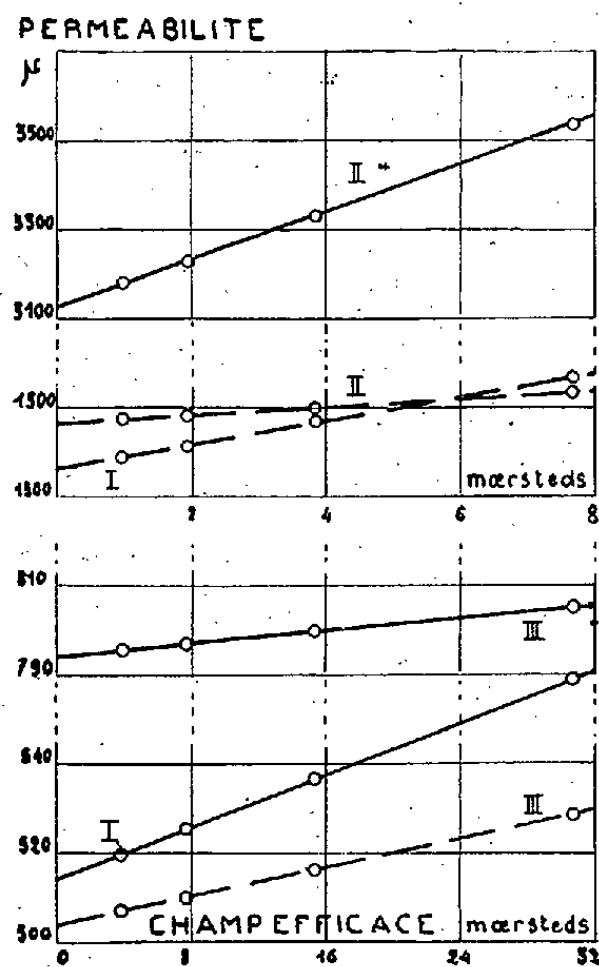


Fig. 2. — Perméabilité en fonction du champ efficace.

I, Permalloy; II, Mumétal; III, Anhyster : trait plein, état recuit; trait interrompu, état trempé.

La figure 1 donne, en fonction de la fréquence, la limite de $\tan \alpha$ pour un champ nul. On obtient des droites jusqu'à $\tan \alpha_0 \sim 0,4$, mais la pente diminue ensuite. Ceci est conforme aux calculs d'Arkadiév⁽³⁾ établis dans le cas d'un champ sinusoïdal.

⁽³⁾ ARKADIEV, *Phénomènes électromagnétiques dans les métaux*, 2, Moscou, 1936 (en russe).

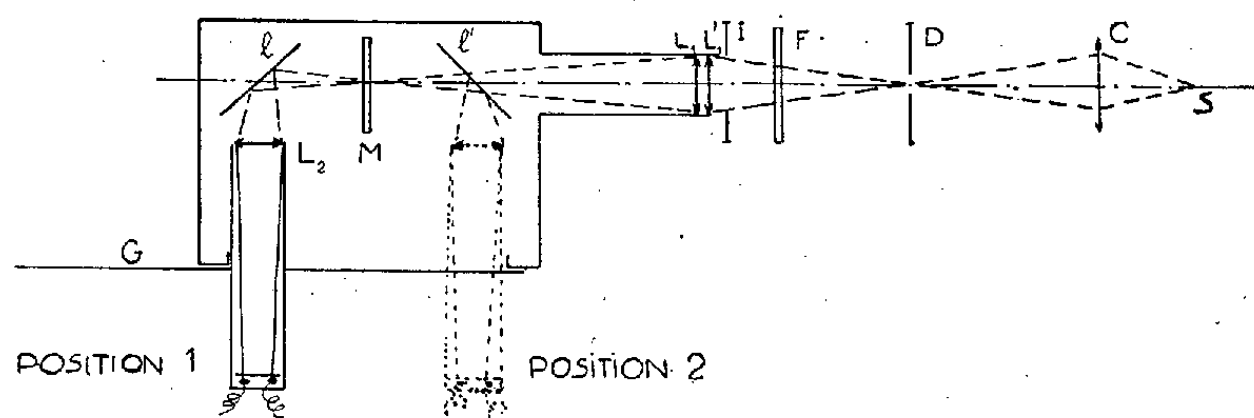
La figure 2 donne, en fonction du champ, les perméabilités obtenues en extrapolant, à champ constant, les perméabilités dynamiques pour une fréquence nulle. En accord avec la formule (3), ces courbes sont des droites.

La méthode de calcul permet donc de vérifier que les six échantillons obéissent à la loi de Rayleigh, même lorsqu'ils présentent des tensions internes importantes. Ce dernier point était controversé jusqu'à présent.

OPTIQUE. — *Mesure des facteurs de transmission et de réflexion sous l'incidence normale.* Note ⁽¹⁾ de M. CHARLES BOUHET et M^{lle} MARTHE HUOT DE LONGCHAMP, présentée par M. Aimé Cotton.

La plupart des dispositifs employés jusqu'ici dans la mesure des facteurs de transmission et de réflexion d'une lame semi-transparente ont en général l'inconvénient de ne pas permettre cette détermination sous une incidence rigoureusement normale pour une région rigoureusement la même de la lame étudiée. Le présent dispositif évite cet inconvénient et a, de plus, l'avantage d'une réalisation extrêmement simple.

Nous avons étudié des couches d'aluminium déposées par évaporation sur des lames de verre. La lame à étudier M (voir la figure) reçoit normalement le faisceau incident issu d'une source S d'intensité constante; elle est placée entre deux lames semi-transparentes *identiques* l et l' inclinées à 45° sur le faisceau incident. Le dispositif récepteur (cellule photovoltaïque ou photoémissive) est porté par une glissière G de façon à pouvoir recevoir soit le flux transmis par M et réfléchi par l , soit le flux réfléchi par M et l' .



La glissière G étant dans la position 1, soient Φ_0 et Φ_1 les flux reçus par la cellule lorsqu'on enlève ou remet la lame M; soit de même Φ_2 le flux reçu dans la position 2, le miroir M étant en place. Les lames l et l' étant identiques et traitant les faisceaux de la même façon, les facteurs de transmission T et de réflexion R seront donnés par les expressions

$$T = \frac{\Phi_1}{\Phi_0}, \quad R = \frac{\Phi_2}{\Phi_0}.$$

⁽¹⁾ Séance du 23 avril 1945.

En retournant la lame face pour face, on peut déterminer les facteurs de réflexion relatifs aux deux faces de la couche métallique; l'un R correspond à la réflexion métal-verre, l'autre R' à la réflexion métal-air.

Si la lame support est plan, parallèle, les faisceaux réfléchis sur ses deux faces interviennent dans l'éclairement de la cellule; on obtient ainsi les facteurs de transmission et de réflexion de l'ensemble lame-support et couche métallique.

Pour obtenir les facteurs relatifs à la couche métallique seule, on peut éliminer la réflexion à la surface verre-air de la lame support, ainsi que les réflexions multiples en employant une lame support très légèrement prismatique. Il faut de plus tenir compte des pertes de lumière qui se produisent par réflexion à la surface verre-air, ainsi que par absorption dans la lame de verre. Ces corrections se déterminent très simplement par une expérience préliminaire faite sur une lame support non métallisée.

Le faisceau lumineux est réalisé de la façon suivante : un condenseur C donne de la source S une image dans le plan d'un diaphragme iris D ; cette image est reprise par les deux lentilles plan-convexes accolées L, L' , qui en donnent une image définitive de faibles dimensions sur la région à étudier du miroir M . La lentille L_2 , fixée sur le tube portant la cellule réceptrice, donne d'autre part des lentilles L_1 et L'_1 uniformément éclairées une image de grandes dimensions sur la cellule. Un diaphragme iris I placé contre les lentilles L, L' permet de limiter le flux lumineux utilisé.

Des filtres F peuvent être placés entre les diaphragmes D et I . Les lames semi-transparentes l et l' , qui doivent être identiques, sont obtenues en coupant une lame obtenue par évaporation à partir d'une source suffisamment éloignée pour obtenir une couche d'épaisseur uniforme; on peut d'ailleurs faire des mesures en intervertissant les lames l et l' .

FLUORESCENCE. — *Nouvelle théorie de la fluorescence des substances organiques.*

Note de M. **DIDIER BERTRAND**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les relations qui existent entre la fluorescence des substances organiques et leur structure n'ont fait jusqu'ici l'objet que d'un petit nombre de travaux ⁽¹⁾. A la suite des recherches de Stark, de Ley et de ses collaborateurs, de Meyer et de Kauffmann, on admet que la fluorescence est provoquée par la présence de deux groupes dans la molécule : luminophore et fluorogène. Le support de la fluorescence, le luminophore serait le noyau benzénique, ne produisant qu'une fluorescence ultraviolette; les groupes fluorogènes ralentiraient cette vibration, pouvant la rendre visible ou même la déplaçant jusque dans l'infrarouge. Il existerait aussi des groupes fluorophores pouvant déplacer le spectre

⁽¹⁾ La bibliographie complète, ainsi que tous les faits expérimentaux sur lesquels sont basés cette Note, seront donnés dans d'autres Mémoires.

de fluorescence vers les courtes longueurs d'onde, d'autres augmentant ou diminuant l'intensité lumineuse.

Or cette théorie n'a été établie que sur des corps en solution, pour lesquels nous savons que, dans la très grande généralité des cas, au moins pour les molécules fluorescentes, la formule de structure ne correspond pas à celle de la substance à l'état solide ou liquide. L'expérience, faite d'une façon systématique sur une centaine de dérivés de l'azote chimiquement aussi purs que possible, et dont l'intensité de la fluorescence a varié dans le rapport de 1 à 135 000, m'a prouvé que la théorie ne comporte à peu près que des exceptions. Cette théorie, qui tend à devenir classique, se trouve en outre complètement incapable des faits tels que la fluorescence déjà forte de l'acide aminoacétique.

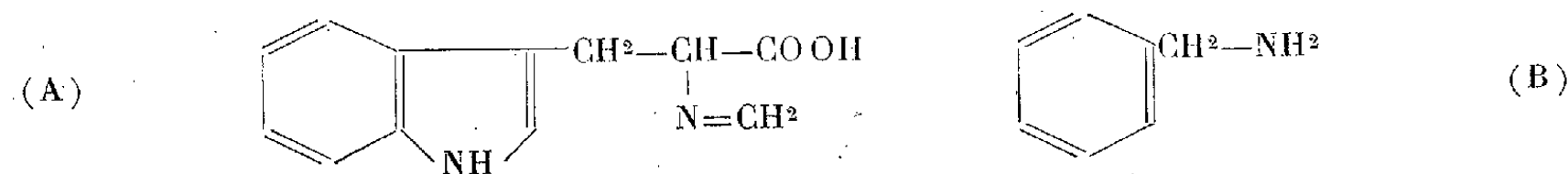
Les hypothèses suivantes sont au contraire en accord avec tous les faits observés jusqu'ici ⁽²⁾ :

1° Le générateur de fluorescence est atomique : N ou O pour les corps étudiés. Le reste de la molécule n'interviendrait que comme oscillateur électromagnétique, *absorbant* ⁽³⁾ plus ou moins tel ou tel groupe de fréquences possibles, ne laissant de fluorescence que dans telle ou telle région spectrale.

2° Lorsqu'il existe dans la molécule plusieurs atomes ayant la possibilité de donner une fluorescence visible (restriction due à ce que je n'ai étudié ni la fluorescence infrarouge, ni l'ultraviolet), un seul d'entre eux, dans le cas le plus général, donne des vibrations, les autres n'interviennent qu'avec le reste de la molécule.

3° Les groupes de vibrations privilégiées possibles dépendent de l'état de l'atome actif. Ainsi l'azote oxydé ne donne pas de fluorescence visible.

La première hypothèse permet, entre autres faits, de comprendre pourquoi on rencontre assez fréquemment des molécules très différentes, par exemple l'acide indole- β -(α -iminométhyl)-propionique (A) et la phénylméthylamine (B),



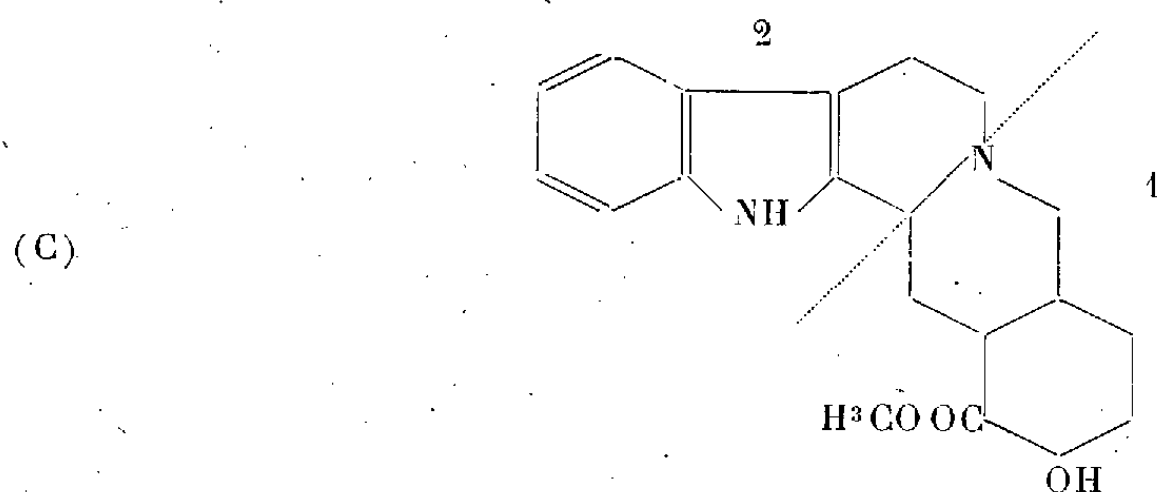
dont les spectres de fluorescence ne diffèrent que par l'intensité. Si l'on y joint la troisième hypothèse, on s'explique pourquoi les spectres de fluorescence visibles des anilines, des phénols et des acides benzoïques sont si voisins, ainsi qu'entre eux ceux des amines et des acides correspondants. En effet les couches électroniques externes des atomes de l'azote aminé et de l'oxygène hydroxylé sont identiques, rendant vraisemblable l'analogie des spectres émis. En outre, pour la fonction acide, l'oxygène, lié par une double liaison au carbone ne

(2) Dans le cas des solutions, il faut adjoindre à ces hypothèses celles que j'ai déjà exposées dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 220, 1945, p. 525).

(3) Expression non rigoureuse.

donnant pas de fluorescence visible, n'intervient pas. Suivant cette hypothèse, le spectre de fluorescence devrait être un spectre de raies, correspondant au spectre d'émission, ce qui est vrai pour les métaux alcalins en vapeur sous pression réduite; mais, en solution ou à l'état solide, ainsi qu'on l'avait déjà supposé, les états d'oscillation ne sont pas aussi bien définis, à cause de l'action des molécules voisines élargissant les groupes de raies d'émission pour donner des bandes non résolubles.

La deuxième hypothèse résulte des faits expérimentaux, dont un seul exemple sera donné ici, celui d'un alcaloïde, la yohimbine (C), qui possède dans sa molécule quatre atomes pouvant donner des fluorescences dans le visible : un



azote indolique, un oxygène acide, un oxygène alcoolique secondaire et un azote tertiaire, celui-ci pouvant être considéré comme appartenant soit à un noyau isoquinoléine (en 1) soit à un noyau carboline (en 2). Or le spectre obtenu correspond à ce dernier cas. En outre le chlorhydrate de yohimbine donne un spectre de fluorescence pratiquement identique, y compris en intensité, à celui de la base, ce qui s'explique très bien, l'acide étant fixé sur l'azote indolique, qui, ainsi qu'il a été indiqué plus haut, n'intervient pas directement dans la fluorescence visible de l'alcaloïde.

EFFET RAMAN. — *Étude expérimentale du nitre.*

Note ⁽¹⁾ de M^{lle} **LUCIENNE COUTURE**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le nitre (cristal orthorhombique de nitrate de potassium) appartient au même groupe de symétrie (V_h^{16}) que les carbonates orthorhombiques. Les prévisions théoriques ⁽²⁾ relatives à ces derniers sont donc aussi valables pour le nitre.

Les résultats expérimentaux sont donnés dans le tableau suivant ⁽³⁾:

⁽¹⁾ Séance du 23 avril 1945.

⁽²⁾ L. COUTURE, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 644.

⁽³⁾ Cf. L. COUTURE, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 669; 220, 1945, p. 87.

Fréquence en cm^{-1} .	Intensité relative.	Polarisation, cas				Type.
		1.	2.	4.	5.	
51.....	~ 5	∞	∞	0	∞	B_{2g}
83.....	~ 10 (large)	∞	∞	~ 1	~ 1	B_{2g} et B_{3g}
124.....	$\sim 0,5$	∞	∞	∞	0	B_{3g}
713.....	1	0	0	~ 1	—	A_{1g} et B_{1g}
1048.....	15	< 1	< 1	< 1	< 1	A_{1g}
1340.....	1	0	0	∞	—	B_{1g}
1354.....	1	0	0	0	—	A_{1g}

Les intensités relatives ont été mesurées dans le cas 2.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — I. *Vibrations externes*. — Les raies observées sont beaucoup moins nombreuses que dans les spectres de basse fréquence de l'aragonite et de la cérusite. On observe trois raies; cependant la polarisation de l'une d'elles montre que celle-ci doit être composée de deux raies de même fréquence, de type B_{2g} et B_{3g} .

Nous pensons que les raies provenant des librations actives des ions NO_3 autour des axes principaux d'inertie situés dans le plan de ces ions sont les raies 83 cm^{-1} , de type B_{3g} , et 51 cm^{-1} , de type B_{2g} . En effet la raie 124 cm^{-1} est trop faible pour pouvoir être attribuée à une de ces librations, d'où le choix de la raie 83 cm^{-1} , et d'autre part nous choisissons la raie de type B_{2g} de fréquence inférieure à celle de la raie B_{3g} , pour des raisons d'analogie avec les résultats obtenus pour l'aragonite.

Le nitre se différencie des carbonates orthorhombiques en ce que ses ions sont monovalents; on doit donc s'attendre à ce que les librations externes du nitre aient des fréquences plus basses que celles de l'aragonite, et c'est bien ce que l'on observe; les fréquences de libration des ions complexes sont en effet trois à quatre fois plus petites dans le nitre que dans l'aragonite.

L'abaissement de fréquence, qui se produit pour les raies de libration quand on passe du cristal de nitrate de sodium (où elles ont une fréquence de 100 cm^{-1}) au nitre, ne se produit pas dans le passage de la calcite à l'aragonite, qui présente une modification de symétrie analogue. Cet abaissement de fréquence peut être attribué au fait que l'ion K du nitre a un rayon supérieur à celui de l'ion Na du nitrate de potassium, ce qui entraîne une diminution générale des forces de liaison interioniques à l'intérieur du cristal.

II. *Vibrations internes*. — Les intensités relatives des vibrations internes de l'ion NO_3 sont les mêmes dans les cristaux de nitrate de sodium ⁽¹⁾ et de nitre.

Vibration ν_1 . On observe, comme dans les cas de l'aragonite et de la cérusite, une seule raie de type A_{1g} .

Vibration ν_2 . Aucune raie n'a été observée, ce qui montre que la dissymétrie

⁽¹⁾ T. M. K. NEDUNGADI, *Proc. Ind. Acad. of Sciences*, A, 10, 1939, p. 197.

du champ tendant à transformer l'ion NO_3 en pyramide a une influence faible sur cet ion.

Vibrations ν_3 . On observe une seule raie (713 cm^{-1}). On peut penser cependant, d'après la polarisation de cette raie, qu'elle est composée de deux raies, d'intensités voisines, de types A_{1g} et B_{1g} , résultat analogue à celui trouvé pour les vibrations ν_4 .

Vibrations ν_4 . On voit dans le tableau final de la Note (1) que la raie 1354 cm^{-1} , de type A_{1g} , provient de la vibration simple symétrique de l'ion NO_3 et la raie 1340 cm^{-1} , de type B_{1g} , de la vibration simple antisymétrique. On met ainsi en évidence la cessation de dégénérescence résultant de la perte de la symétrie ternaire de l'ion. De même que dans tous les cas de dégénérescence que nous avons observés pour l'ion CO_3 , la vibration symétrique a une fréquence plus élevée que la vibration antisymétrique. Les deux raies sont d'intensité égale dans les cas étudiés. On en déduit $\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy} = \epsilon_{xy} = a$. On peut comparer les tenseurs de polarisabilité relatifs à ces vibrations pour l'ion NO_3 compris dans le cristal de nitrate de sodium et dans le nitre. On a

	OX	OY	OZ			OX	OY	OZ			OX	OY	OZ
OX	<i>a</i>	<i>a</i>	o	→	OX	<i>a</i>	o	o	et	OX	o	<i>a</i>	o
OY	<i>a</i>	<i>a</i>	o		OY	o	<i>a</i>	o		OY	<i>a</i>	o	o
OZ	o	o	o		OZ	o	o	o		OZ	o	o	o
1385 cm ⁻¹					1354 cm ⁻¹				et	1340 cm ⁻¹			
Ion NO ³ dans NO ³ Na (3)					Ion NO ³ dans NO ³ K.								

Conclusions. — L'étude des spectres de Raman du nitre offre des rapprochements intéressants avec l'étude des carbonates orthorhombiques. Nous avons pu attribuer deux raies de basse fréquence aux librations des ions NO_3 , comme nous l'avions déjà fait pour les ions CO_3 de l'aragonite. La perturbation de symétrie des ions NO_3 , qui est mise en évidence, est faible; elle se réduit, comme pour les ions CO_3 de l'aragonite, à la perte de l'axe de symétrie ternaire de l'ion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le microradiodosage de l'argent.*

Note de M^{me} PASCALINE DAUDEL.

Principe. — Nous avons, lors de nos études des phénomènes d'échange entre phase liquide et phase solide (1), remarqué qu'entre de l'arsénite de sodium en solution et de l'arsénite d'argent précipité il s'opérait un échange d'atomes d'arsenic très faible, puisqu'il n'atteint que 3 % en 2 minutes. Nous voulons maintenant montrer comment, en nous basant sur cette remarque, nous avons

(1) *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 239-240.

pu édifier une méthode de dosage de quantités *faibles d'ions argent*. Supposons qu'une solution renferme des ions argent, si nous introduisons dans cette solution un gros excès d'arsénite de sodium actif, seule une portion de ce réactif va réagir avec la solution d'argent pour former de l'arsénite d'argent. Si l'on sépare alors assez rapidement le précipité du reste de la solution, seul un échange d'importance négligeable aura le temps de se produire entre le précipité et la solution, eu égard à la remarque précédente.

Nous devons donc en principe avoir proportionnalité entre les masses de sel d'argent précipitées et les activités notées sur ces précipités.

Une difficulté opératoire s'introduit dans cette méthode lorsqu'on veut doser de faibles quantités, par exemple des masses de l'ordre du milligramme; le précipité d'arsénite d'argent est alors très faible et absolument infiltrable, il faut introduire un entraîneur. L'entraîneur le plus commode est l'arsénite d'argent lui-même sous sa forme non radioactive. Nous avons en effet vérifié qu'une addition d'arsénite d'argent précipité dans la liqueur contenant le louche actif est apte à flocculer celui-ci. D'après notre étude sur les échanges, cet entraîneur ne peut capter beaucoup de l'activité renfermée dans la solution, car nous opérons assez rapidement, en sorte que le contact entre solide et liquide ne soit que de quelques minutes.

Sous cette forme la méthode comporterait encore un inconvénient; on risquerait en effet de voir s'adsorber dans l'entraîneur une partie importante du réactif en excès dans la solution. On pallie à cet inconvénient en ajoutant en même temps que l'entraîneur un excès important du réactif, sous sa forme inactive qui dilue l'arsénite actif. Dans ces conditions la masse du réactif adsorbé dans le précipité ne sera pas beaucoup modifiée par rapport à ce qu'elle serait sans cet artifice, mais elle contiendra une quantité beaucoup moindre de la forme radioactive de l'arsénite.

Mode opératoire. — Nous avons pu ainsi doser avec une bonne précision des quantités de l'ordre du milligramme d'argent dans quelques centimètres cubes d'eau. Nous introduisons un excès d'arsénite de sodium actif, qui donnait un louche jaune d'arsénite d'argent. Nous préparions d'autre part un mélange de 17^{ms} de nitrate d'argent et 26^{ms} d'arsénite de sodium, que nous ajoutions à la solution d'argent. La détermination de l'activité du précipité obtenu permet, par comparaison avec un précipité obtenu dans les mêmes conditions, à partir d'une masse connue d'argent, de doser la solution étudiée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination des formules des corps par radiomicrodosage.* Note de M^{lle} MONIQUE MARTIN et M. RAYMOND DAUDEL.

Principe. — Nous avons mis au point une méthode de radiomicrodosage très simple, qui permet de déterminer la formule d'un corps pur en utilisant une quantité infime de cette substance (une masse de l'ordre de 1^γ suffit largement).

On prépare la substance à l'aide de radioéléments très actifs, puis on étudie le rayonnement de celle-ci au point de vue de sa décroissance et de son spectre. La comparaison de ce rayonnement avec ceux d'étalons préparés dans les mêmes conditions permet la détermination précise de la composition de la substance.

Nous décrivons ci-après deux exemples d'application de cette méthode se rapportant à des substances connues.

Exemple du bromure d'argent. — Le premier essai mettait en jeu des quantités notables de substance. Il avait pour but l'étude de la formule du bromure d'argent.

On traite : *a.* une quantité connue m d'ions argent *radioactifs* par un excès de bromure de potassium *inactif*. Le précipité obtenu fournit l'étalon A ;

b. une quantité connue n d'ions bromure *radioactifs* par un excès de nitrate d'argent *inactif*. Le précipité obtenu fournit l'étalon B ;

c. la quantité connue m d'ions argent *radioactifs* par un excès de bromure radioactif. Le précipité C fournit le corps à étudier.

On mesure à peu près simultanément l'activité de A (soit a), celle de B (soit b) et celle de C (soit c).

Puisque A et C contiennent la même masse d'argent, la quantité $c - a$ représente l'activité du brome contenu dans C.

A une masse m d'argent est donc combinée la masse $n(c - a)/b$ de brome.

Nous avons bien retrouvé ainsi la formule classique.

Exemple du bromure de manganèse. — Le deuxième essai a été opéré sur une quantité extrêmement faible de substance. Il avait pour but l'étude de la formule du bromure de manganèse.

Il faut alors, tout d'abord, préparer des indicateurs radioactifs très riches en radioéléments. Dans ce but nous avons préparé de l'acide bromhydrique par effet Szilard sur du bromure d'éthyle, et de l'hydrate manganoux par effet Szilard sur du permanganate de potassium.

Il reste alors à effectuer les opérations suivantes :

a. On traite une certaine quantité d'acide bromhydrique radioactif par de la soude inactive. On obtient par évaporation du bromure de sodium de composition supposée *connue*. On en pèse soigneusement 1/10 de milligramme à la microbalance (étalon A).

b. On traite une certaine quantité d'hydrate manganoux radioactif par de l'acide chlorhydrique inactif. On obtient par évaporation du chlorure de manganèse de composition supposée *connue*. On en pèse soigneusement 1/10 de milligramme à la microbalance (étalon B).

c. On traite une petite quantité d'hydrate manganoux radioactif par de l'acide bromhydrique radioactif. On obtient par évaporation du bromure de manganèse de composition supposée *inconnue*. On en pèse approximativement une quantité de l'ordre de quelques γ (produit C).

On étudie alors la décroissance des trois produits A, B et C et, tenant compte du fait que le manganèse a une période plus courte que le brome, on arrive aisément par comparaison de la décroissance de C avec celles de A et B, à déterminer le rapport des masses de manganèse et de brome, combinées dans le bromure de manganèse. On trouve ainsi la formule classique avec une bonne précision.

Nous avons l'intention d'appliquer cette méthode, qui semble donner rapidement de bons résultats, à la détermination de la structure de certaines molécules nouvelles, que nous avons préparées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les ferrimétaphosphates.*

Note de M^{lle} DENISE KANTZER.

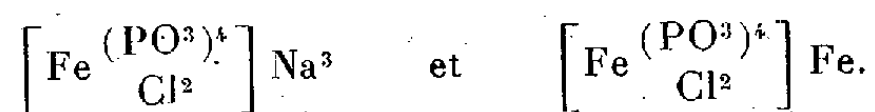
L'existence des ferrimétaphosphates $[\text{Fe}(\text{PO}^3)^6]\text{M}^3$ obtenus par action du sel ferrique sur un hexamétaphosphate alcalin en excès a été signalée en 1923 par M. Pascal⁽¹⁾.

On a étudié ici l'action du sulfocyanure et du chlorure ferriques sur différents métaphosphates de sodium. La réaction est suivie par une méthode potentiométrique. Une électrode inattaquable (Pt) plongeant dans une solution d'électrolyte prend un potentiel bien défini, fonction des différents ions en présence et de leurs concentrations. Cette demi-pile est opposée à un élément normal au calomel; la variation de la force électromotrice de la pile ainsi constituée, en fonction d'addition de réactif, permet de déceler la formation d'ions nouveaux en solution.

Les acides métaphosphoriques dont dérivent les sels de sodium utilisés ont été d'autre part étudiés potentiométriquement; on a tracé les courbes (pH-volume de base utilisé) et on en a déduit le nombre et la force de leurs fonctions acides⁽²⁾.

L'acide trimétaphosphorique $(\text{PO}^3\text{H})^3$ fort ne présente qu'un degré de dissociation et ne donne pas de complexe avec les sels ferriques. Il se forme un trimétaphosphate ferrique soluble, comme tous les sels de métaux lourds de cet acide. Ce résultat est d'accord avec ceux de Treadwell et Lentwyler⁽³⁾ et avec la formule symétrique qu'ils proposent pour cet acide.

L'acide tétramétaphosphorique présente deux acidités nettes ($K_1 = 2,5 \cdot 10^{-3}$, $K_3 = 6 \cdot 10^{-9}$) et deux acidités beaucoup moins marquées ($K_2 = 4 \cdot 10^{-7}$, $K_4 = 4 \cdot 10^{-12}$). Le sel $(\text{PO}^3\text{Na})^4$ donne successivement deux complexes, par addition d'une solution de chlorure ferrique à froid, auxquels il convient d'attribuer les formules



(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1298.

(2) D. KANTZER, *Diplôme d'études sup.*, 1942.

(3) *Helv. Chim. acta*, 21, 1938, p. 1450.

En effet le premier sel se forme molécule à molécule, le deuxième exige deux molécules Cl^3Fe pour une de $(\text{PO}^3\text{Na})^4$.

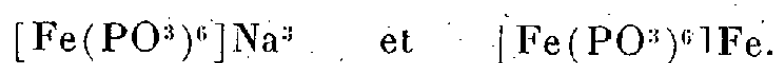
Dans le premier cas, le fer et les $2/3$ du chlore sont masqués à leurs réactifs. Dans le deuxième les réactions du fer apparaissent et $1/3$ seulement du chlore est masqué au nitrate d'argent dans la solution.

Ces deux complexes sont isolés en poudre blanc rosé peu soluble.

L'hexamétaphosphate normal $(\text{PO}^3\text{Na})^6$, $10\text{H}_2\text{O}$ ⁽¹⁾, bien cristallisé et distinct du sel de Graham $[(\text{PO}^3)^6\text{Na}^4]\text{Na}^2$ ⁽²⁾, dérive d'un acide à trois degrés de dissociation ($K_1 = 10^{-2}$, $K_2 = 2,5 \cdot 10^{-6}$, $K_3 = 1,6 \cdot 10^{-8}$) ⁽²⁾.

Par action du chlorure ou du sulfocyanure ferriques à froid, il précipite successivement deux complexes pulvérulents blancs (le deuxième légèrement jaune), peu solubles, pouvant aussi former d'autres sels.

Les proportions de Cl^3Fe à ajouter montrent qu'on doit leur attribuer les formules



D'ailleurs les réactions du fer, complètement masquées dans le premier, ne le sont plus dans le second. Ces complexes sont décomposables par l'acide nitrique concentré, ou la potasse à l'ébullition.

Nous nous proposons de préciser cette étude par des mesures magnétiques et l'étude aux rayons X des corps obtenus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux acides isomères β -butyl-tert. cinnamiques.*

Note de M. GEORGES TSATSAS, présentée par M. Marcel Delépine.

Malgré l'intérêt que présente l'isomérisie *cis-trans* dans la série cinnamique, peu de recherches ont été effectuées jusqu'à présent sur ce point. Citons le travail de Störmer ⁽¹⁾, qui utilise les rayons ultraviolets pour transformer plusieurs acides β -alcoylcinnamiques *trans* en dérivé *cis*. Mais il s'agit là d'une méthode physique; seul l'acide β -méthylcinnamique a été préparé jusqu'ici, à ma connaissance, sous les deux formes stéréoisomères par voie chimique ⁽²⁾.

En collaboration avec M^{lle} Cauquil ⁽³⁾, nous avons préparé l'acide β -butyl-tert. cinnamique *trans* en faisant agir la triméthylacétophénone sur le bromacétate d'éthyle en présence de zinc et en milieu benzénique. Après hydrolyse du complexe et saponification de l'hydroxyester formé, on obtient un acide-alcool, le β -phényl- β -butyl-tert. hydracrylique, qui, soumis à la déshydratation par un mélange approprié d'anhydride acétique et de chlorure d'acétyle, fournit,

⁽¹⁾ RÉCHID, *Thèse*, 1933.

⁽²⁾ PASCAL, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 966.

⁽¹⁾ STÖRMER, GRIMM et LAAGE, *Ber. d. chem. Ges.*, 50, 1917 p. 959.

⁽²⁾ TIFFENEAU, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 985.

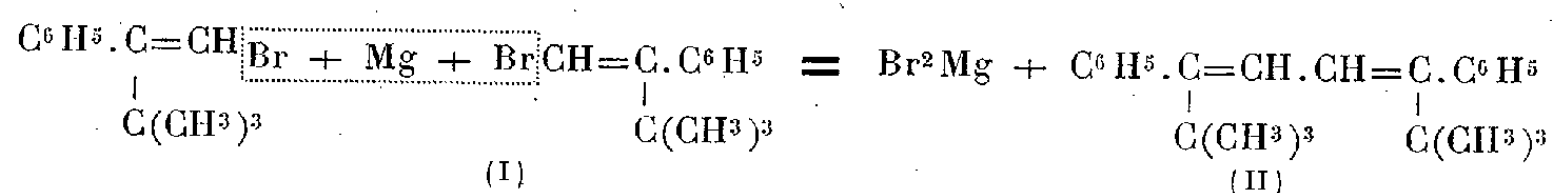
⁽³⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 9, 1942, p. 244.

entre autres produits secondaires, l'acide β -butyl tert. cinnamique (F 125°,5) avec un rendement de 50 %. Cet acide, et aussi tous les acides cinnamiques β -substitués, préparés par la même méthode, sont des isomères *trans* correspondant à la forme *stable*, tandis que les isomères *cis* correspondent à la forme *labile*. En effet l'acide préparé ci-dessus reste inaltéré par l'acide sulfurique.

La préparation des deux formes isomères de l'acide β -butyl-tert. cinnamique, soit par action des rayons ultraviolets sur la forme *stable*, soit par voie chimique, fera l'objet de la présente Note.

Au cours de ce travail j'ai constaté que l' α -butyl-tert. ω -bromostyrolène (I), dans certaines conditions, réagit en majeure partie avec le magnésium pour donner lieu à la formation d'un magnésien normal. Si l'on fait passer un courant de CO² dans ce magnésien, on obtient, après hydrolyse, les deux acides β -butyl-tert. cinnamiques stéréoisomères.

Par ailleurs deux molécules d' α -butyl-tert. ω -bromostyrolène réagissent, en petite quantité, sur un atome de Mg pour donner le carbure de duplication, le diphenyl-1.4 di (butyl-tert.)-1.4 butadiène (II) :



1° Une solution benzénique à 10 % d'acide β -butyl-tert. cinnamique *trans* est exposée pendant une semaine à l'action des rayons ultraviolets. Après évaporation du solvant dans le vide, on obtient, par cristallisation fractionnée dans l'éther de pétrole, deux sortes de cristaux : de longues aiguilles fondant à 125°,5 (produit initial) et de petits cristaux, qui, par cristallisations répétées dans l'éther de pétrole et ensuite dans l'alcool méthylique aqueux, fondent à 114°,5. Le rendement en dérivé *cis* ne dépasse pas 10 %.

Les amides des deux acides isomères fondent à 148-149°, pour le dérivé *trans*, et à 139° pour le dérivé *cis*.

2° Par bromuration de l' α -butyl-tert. styrolène, on obtient le dibromo-1,2 butyl-tert.-2 phénylthane (III) qui fond à 67°. En perdant de l'acide bromhydrique, ce produit dibromé donne de l' α -butyl-tert.- ω -bromostyrolène, Éb₁₅ 118°,5-120°. Par oxydation chromique, ce dernier fournit la triméthylacétophénone, identifiée par son oxime (F 166°).

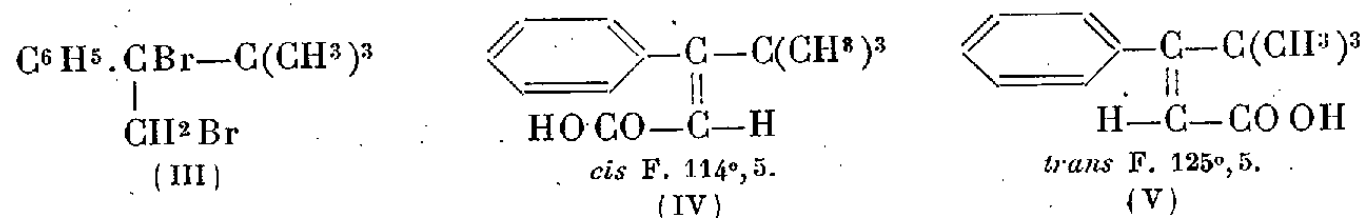
L' α -butyl-tert.- ω -bromostyrolène (I) ne réagit dans l'éther absolu que très lentement, soit sur Mg en tournure, soit sur le Mg activé selon Baeyer (*). Par contre, dans l'oxyde d'amyle et par chauffage à l'ébullition, le Mg réagit rapidement. Quand ce dernier a disparu, on refroidit dans la glace et l'on fait passer un courant de CO². Après décomposition par de l'eau acidulée et addition d'éther, on extrait les produits acides par la soude à 10 %. La solution alcaline est acidifiée; le produit précipite et fond à 105-110°. Par cristallisation fractionnée dans l'éther de pétrole, on obtient de petits cristaux cubiques qui fondent à 114°,5 (*cis*) et de grosses aiguilles qui fondent à 125°,5 (*trans*). La majeure partie est formée de dérivé *cis*.

La solution étherée, après évaporation du solvant, laisse une huile, qui, par refroidissement, dépose une partie solide. Ce produit, cristallisé dans le benzène, se présente sous

(*) Ber. d. chem. Ges., 38, 1905, p. 2759.

forme d'aiguilles fines soyeuses, qui fondent à 198°. Il décolore la solution de brome, et par oxydation chromique, fournit deux molécules de triméthylacétophénone. L'analyse et le poids moléculaire, ainsi que les propriétés mentionnées ci-dessus, permettent de considérer ce corps comme le produit de duplication (II).

En résumé, le Mg réagit normalement, à chaud et au sein de l'oxyde de butyle, avec l' α -butyl-tert.- ω -bromostyrolène, et le magnésien obtenu absorbe le CO², pour donner, après hydrolyse, les deux acides isomères *cis* (IV) et *trans* (V) β -butyl-tert. cinnamiques :



Une petite partie d' α -butyl-tert.- ω -bromostyrolène réagit en présence de Mg pour donner le produit de duplication (II).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'inositol par l'acide periodique.*

Note de MM. PAUL FLEURY, GABRIEL POIROT et M^{me} JEAN FIEVET, présentée par M. Maurice Javillier.

On pouvait penser que l'oxydation de l'inositol par l'acide periodique se ferait selon le schéma de Malaprade, de telle sorte que le terme final de la réaction serait constitué exclusivement par de l'acide formique résultant de l'oxydation des fonctions alcool secondaire, sans formation d'aldéhyde formique, par suite de l'absence de fonction alcool primaire. Les premières recherches de l'un de nous avec Lange semblèrent confirmer cette déduction : la consommation d'acide periodique ne dépassait la quantité prévue que de 10 % environ. Il n'y avait pas formation d'aldéhyde formique. Enfin l'acide formique avait été extrait du milieu sous forme de formiate de baryum cristallisé.

Cette étude, reprise un peu plus tard avec M^{me} Raoul-Joly, avait révélé que l'acidité, en fin de réaction, au lieu d'atteindre une valeur correspondant aux six groupements carboxyle prévus par molécule d'inositol oxydé, ne dépassait guère quatre et que, d'autre part, il se produisait un dégagement lent de gaz carbonique au cours de l'oxydation.

Ces anomalies nous ont incités à entreprendre une étude systématique du problème ainsi posé.

L'étude de la cinétique de la réaction nous a montré que celle-ci s'effectuait très nettement en deux phases : la consommation d'oxygène atteint rapidement (en quelques minutes) 4 atomes par molécule d'inositol, mais se poursuit ensuite beaucoup plus lentement pour arriver, sans la dépasser, à la valeur de 6,7 atomes au bout de 2 à 3 jours. Le pouvoir mercuro-réducteur, qui

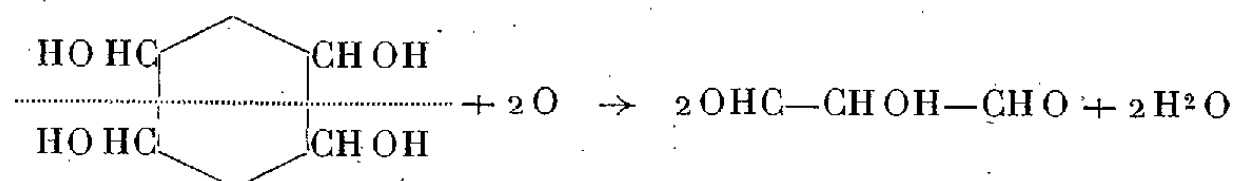
apparaît dès le début, croît en valeur absolue jusqu'au moment où est atteinte la consommation totale de 2 atomes d'oxygène; relativement à l'acide periodique consommé, il diminue dès le début de la réaction; il disparaît après consommation d'environ 4 atomes d'oxygène. Le gaz carbonique n'apparaît qu'après consommation des 4 premiers atomes d'oxygène; la quantité formée croît ensuite avec l'oxygène supplémentaire consommé pour atteindre, en fin de réaction, 1,2 molécules environ. Quant aux groupements acide créés, leur nombre croît progressivement, pour atteindre la valeur 4 au moment même où la consommation en oxygène atteint elle-même 4 atomes; leur nombre ensuite n'augmente plus et reste constant pendant toute la phase finale de l'oxydation.

A côté de l'acide formique antérieurement reconnu, l'acide glycolique a été isolé à l'état pur et cristallisé.

D'autre part nous avons établi que l'acide glycolique, en solution pure, est oxydé à froid par l'acide periodique en donnant du gaz carbonique et de l'acide formique, mais que, pour une cause non encore élucidée, la réaction s'arrête avant la disparition totale de l'acide, même en présence d'un large excès d'oxydant.

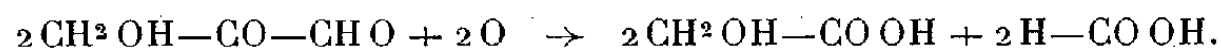
En coordonnant ces données expérimentales, nous avons tenté d'établir l'enchaînement des réactions et, plus particulièrement, d'expliquer la formation inattendue, mais cependant indéniable d'acide glycolique.

Après examen de maintes hypothèses, nous proposons le schéma suivant : *dans une première phase rapide* (quelques minutes à froid) correspondant à la consommation de 4 atomes d'oxygène par molécule d'inositol et conduisant finalement à la formation exclusive d'acide formique et d'acide glycolique, il y aurait tout d'abord ouverture du cycle en deux points symétriques amenant d'emblée la consommation des 2 premiers atomes d'oxygène et la séparation de 2^{mol} de dialdéhyde tartronique

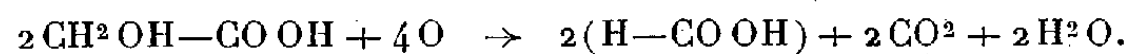


Ce composé subirait immédiatement une transposition aldocéto-sique, pour donner l'aldéhyde hydroxypyruvique $\text{CH}^2\text{OH} - \text{CO} - \text{CHO}$. L'hypothèse de cette transposition est imposée par la nécessité d'expliquer la formation de l'acide glycolique et l'apparition de la fonction alcool primaire de ce dernier. Bien que cet aldéhyde hydroxypyruvique n'ait pas été isolé, c'est à lui qu'on devrait vraisemblablement rapporter le pouvoir mercuro-réducteur, dont le maximum correspond bien, ici, à la consommation des deux premiers atomes d'oxygène. Le pouvoir réducteur diminuant ensuite rapidement au cours de la consommation de 2 autres atomes d'oxygène, cet aldéhyde hydroxypyruvique serait alors oxydé, pour donner de l'acide formique et de l'acide glycolique,

selon l'un des schémas établi par l'un de nous avec Lange pour les cétoles, qui, eux aussi, peuvent donner de l'acide glycolique au cours de leur oxydation :



A ce moment la première phase, rapide, est terminée : il y a eu consommation globale de 4 atomes d'oxygène et formation de 4 groupements acides (2 ac. formique et 2 ac. glycolique); le dégagement de CO^2 n'a pas encore commencé; *dans une deuxième phase lente*, durant jusqu'à 8 jours, l'acide glycolique est attaqué à son tour pour donner du gaz carbonique et de l'acide formique :



Mais l'oxydation s'arrête et par conséquent également le dégagement de gaz carbonique, avant la disparition totale de l'acide glycolique. Ces faits expliquent la fixité de l'acidité au cours de cette deuxième phase, et la persistance de l'acide glycolique une fois la réaction arrêtée.

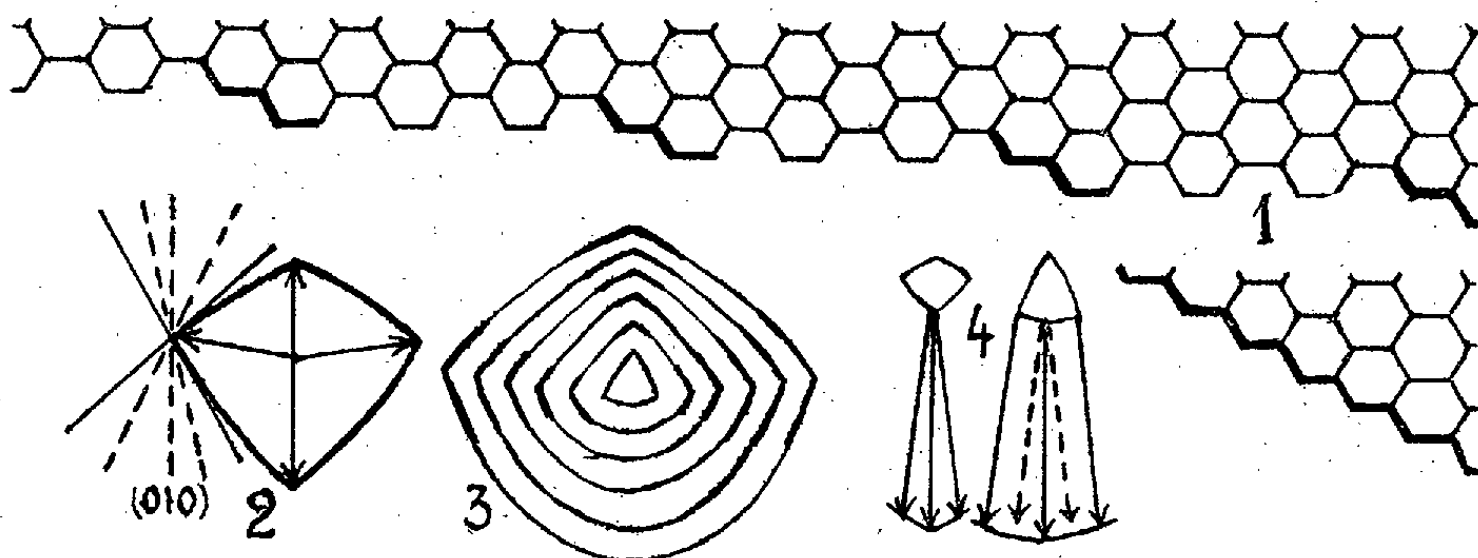
En résumé, l'action de l'acide periodique sur l'inositol diffère d'une façon profonde de celle observée avec les polyols linéaires.

La présence inattendue d'acide glycolique, apparaissant au cours de la réaction, impose l'hypothèse d'une transposition aldocétole du produit primaire de l'oxydation, et explique le dégagement de gaz carbonique au cours de la deuxième phase. Les déterminations quantitatives corroborent ces résultats qualitatifs.

MINÉRALOGIE. — *Sur la formation des figures de corrosion par réaction irréversible, en particulier sur les micas.* Note de M. **ROBERT DELAVAUT.**

Il est souvent difficile de généraliser aux figures de corrosion les lois générales de G. Friedel sur la décroissance des réseaux cristallins en équilibre avec le milieu environnant : la réaction n'est généralement pas réversible, et les figures sont fréquemment limitées par des faces courbes, qui échappent à toute définition précise. Pour les interpréter on doit envisager, non seulement les plans à indices petits, mais toutes les directions de plans imaginables. Si l'on revient à la représentation de Haüy, un plan peut être considéré comme formé par la juxtaposition régulière d'éléments des plans à indices simples voisins; la projection de la figure 1 en montre un exemple. Les figures des micas, quasi planes, et où les faces latérales se réduisent à des côtés, peuvent s'interpréter sous forme de telles projections. On ne peut y mesurer d'angles avec précision; mais leurs proportions sont constantes dans le même échantillon, et parfois dans la même espèce. Au cours de leur développement, si leur origine est quasi ponctuelle et si le réactif ne varie pas de composition au cours de l'attaque, elles restent semblables à elles-mêmes, et l'on peut représenter leur évolution par une série de figures semblables emboîtées les unes dans les autres, à partir de la lacune initiale, qui se trouve au centre de gravité. Les chemins

parcours, et la vitesse dans les différentes directions, sont donc proportionnels, pour les points anguleux, aux vecteurs joignant le centre à ces points, et



l'ensemble des vecteurs donne par conséquent une bonne symbolisation des résultats empiriques. Ces points ne sont pas de simples intersections des côtés adjacents, mais ils correspondent eux-mêmes à des côtés de la figure, ceux qui s'enfoncent dans le réseau avec les plus grandes vitesses; suivant la règle générale, une telle face ne se développe pas en largeur. On ne peut malheureusement, avec le seul vecteur *maximum local de vitesse d'attaque*, définir la face en question, car il s'agit, non pas d'un côté de la figure, mais de toute une famille de côtés, compris entre les tangentes aux côtés courbes (en traits interrompus sur la figure 2). On peut les considérer comme dérivés d'un côté à caractéristiques simples, compris dans l'intervalle en question, comme (010) pour la figure 2, par adjonction d'éléments des côtés voisins. Tant que la différence d'angle est faible, on conçoit que ces éléments, petits et très écartés, modifient peu les propriétés chimiques et en particulier la vitesse d'attaque. Les points anguleux n'ont pas de valeur absolue; les côtés qu'ils représentent sont stables, et peuvent se développer si l'occasion en est donnée, dans le réactif même où la figure normale ne les développe pas. On peut le montrer en suivant le développement de la figure de corrosion à partir d'une cavité régulière, par exemple de la figure d'un autre réactif.

A partir des figures formées par le mélange de soude et de potasse caustiques fondues vers 250° sur la muscovite, le mélange d'acide fluorhydrique aqueux de densité 1,14 avec 9 parties d'acide sulfurique concentré forme des figures qui ne se rapprochent que très lentement de la figure 2 donnée normalement par ce réactif. Cette figure normale apparaît progressivement sur le clivage, tandis que les plus anciennes disparaissent sous l'attaque d'ensemble. En photographiant à intervalles réguliers, on peut obtenir la filiation complète (fig. 3). On voit comment les côtés de la figure normale (traits forts) se développent à partir des côtés de même direction de la cavité, ou des points anguleux lorsque ces côtés sont réduits à des points anguleux. Tout le reste du contour est formé de côtés qui ne se développent pas dans la figure normale,

mais qui ne tendent pas à s'effacer au cours d'une attaque irréversible, ne se prêtant à aucun effet de cicatrisation. Le point anguleux du bas de la figure ne se rétablit que mal, et très tardivement, parce que les côtés adjacents partent, non du milieu de la base de la figure origine [traits interrompus] (*fig. 4*), mais de ses extrémités (traits pleins). L'influence est encore très nette lorsque la nouvelle figure est dix fois plus grande que celle dont elle est partie. On peut dire que *chaque face, dans la décroissance irréversible, tend à se propager dans le réseau avec une vitesse qui lui est propre, et qui ne dépend que du réseau et du réactif*, tout au moins en première approximation. Cette considération permet d'expliquer de nombreux cas en apparence aberrants, en particulier les transitions régulières d'un type de figure à un autre, quand on attaque par divers mélanges d'acide fluorhydrique, d'acide sulfurique et d'eau, ou par un réactif dont la composition varie au cours de l'attaque, comme un alcali fondu.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la détermination des termes du jour sidéral dans l'attraction luni-solaire par l'observation des pendules à gravité.*

Note de M. NICOLAS STOYKO, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'influence des termes luni-solaires du jour sidéral sur la correction de pendule ⁽¹⁾ est égale à

$$(1) \quad \Delta t = [(-K_1 \cos \Omega_0 + O'_1 - K'_1) \cos t_l - K_1 \sin \Omega_0 \sin t_l] \cos \theta \\ + [-K_1 \sin \Omega_0 \cos t_l + (K_1 \cos \Omega_0 + O'_1 + K'_1) \sin t_l] \sin \theta \\ = A_t \cos \theta + B_t \sin \theta,$$

où K_1 , O'_1 et K'_1 sont des constantes qui dépendent des masses et des éléments des orbites du Soleil et de la Lune, t_l est le temps moyen local et θ le temps sidéral de Greenwich à 0^h T. U. On remarque que les termes entre crochets, si l'on fait l'observation à une même heure locale, sont constants pour la période pendant laquelle on peut considérer les éléments de l'orbite lunaire comme constants.

La formule (1) est valable pour la Terre supposée indéformable. Dans le cas de la Terre déformable, il faut multiplier la partie droite de cette formule par $1 + h - (3/2)k$ ⁽²⁾, où h et k sont des constantes liées à la rigidité de la Terre. Donc, on a

$$(2) \quad \Delta t = (A_t \cos \theta + B_t \sin \theta) \left(1 + h - \frac{3}{2} k \right).$$

La comparaison bi-journalière des pendules à heures fixes par rapport à une

⁽¹⁾ N. STOYKO, *Annales du Bureau des Longitudes*, 10, 1933, D. p. 78.

⁽²⁾ W. LAMBERT, *Travaux de l'Association de Géodésie de l'Union Géod. et Géophys. Internationale*, 12, 1933, Appendice I, p. 15.

horloge qui n'est pas influencée par l'attraction luni-solaire (l'horloge à diapason, par exemple) permet d'utiliser la formule (2).

A l'Observatoire de Paris on enregistre depuis 1940 les pendules et une horloge à diapason sur un chronographe à cylindre, dont la seconde est égale à 25 cm. On compare les pendules par rapport à l'horloge à diapason à 8^h 19^m 51^s et 20^h 19^m 51^s de temps local. La combinaison de deux comparaisons du matin et de deux comparaisons du soir, qui élimine l'influence de la variation progressive de marche des pendules, donne

$$(3) \quad \Delta t = 4 (A_s \cos \theta + B_s \sin \theta) \left(1 + h - \frac{3}{2} k \right),$$

où A_s et B_s se rapportent à 8^h 19^m 51^s de temps local. La valeur maximum du coefficient de $1 + h - (3/2)k$ varie entre 0^s,001.21 (1940) et 0^s,001.35 (1943).

La résolution des équations (3) pour les différentes pendules et pour la période de 1940 à 1943 nous a donné les valeurs suivantes de $1 + h - (3/2)k$:

Pendule..	1940.	1941.	1942.	1943.	Moy.
44 Sh	1,45	1,04	1,40	1,08	1,24
1185 L	1,14	0,98	0,97	1,26	1,09
1228 L	1,15	1,02	1,38	1,14	1,17
1229 L	1,17	1,20	1,29	1,42	1,27
1372 L	1,18	1,28	1,56	1,03	1,26
Moy.....	1 22	1,10	1,32	1,19	1,21

Ainsi l'on a

$$1 + h - \frac{3}{2} k = 1,21.$$

L'étude des pendules horizontaux permet de déterminer $1 + k - h$. La moyenne de diverses observations entre 1892 et 1917 donne ⁽³⁾

$$1 + k - h = 0,66.$$

D'où l'on tire $k = 0,26$ et $h = 0,60$, valeurs qui sont en concordance avec celles actuellement admises, à savoir $k = 0,27$ et $h = 0,60$, d'après les résultats du déplacement du pôle et des marées océaniques à longues périodes ⁽²⁾.

On a négligé, dans le calcul précédent, la différence des phases qui peut exister entre l'observation et la théorie. Le calcul de la différence des phases (observation moins théorie) nous a donné les valeurs suivantes : — 0^h,8 (1940), + 0^h,9 (1941), — 1^h,1 (1942) et — 0^h,4 (1943), avec l'erreur sur le résultat égale à $\pm 0^h,2$.

⁽³⁾ M. EBLÉ, *Thèse*, Paris, 1919, p. 65.

⁽⁴⁾ H. JEFFREYS, *The Earth*, Cambridge, 1929, p. 237.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Yohimbol et cinchonamine*. Note de M. **RAYMOND-HAMET**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parce que, comme chacun des alcaloïdes des Quinquinas, elle provient d'une Rubiacée-Cinchonée américaine, et aussi parce que sa formule brute est identique à celle d'un de ces alcaloïdes, l'hydrocinchonidine, la cinchonamine avait toujours été rangée dans le groupe des bases quiniques. Les alcaloïdes fournis par les genres américains de Cinchonées appartiendraient donc au type quinolyl-quinuclidique, alors que ceux qu'on extrait des genres africains de Cinchonées seraient exclusivement de nature indolique, ou plus exactement carbolinique. Dans cette différence de constitution de leurs principes basiques, les botanistes systématiciens étaient incités à trouver un important caractère distinctif éloignant les unes des autres, les Cinchonées d'Afrique de celles d'Amérique.

Ayant constaté qu'on obtient avec la cinchonamine, mais non avec l'hydrocinchonidine, les deux réactions colorées tenues pour caractéristiques de la yohimbine, nous avons admis que la première de ces bases diffère essentiellement de la seconde et se rapproche, au contraire, de la dernière ⁽¹⁾. Puis, en utilisant les réactions chromatiques employées pour la mise en évidence du groupement indolique, nous avons pu faire la preuve de la présence de ce groupement dans la molécule de la cinchonamine ⁽²⁾. Il était ainsi démontré (et ce fait est d'une grande importance pour la phytochimie) qu'on trouve dans une Cinchonée américaine un alcaloïde du type qu'on avait cru particulier aux Cinchonées d'Afrique ⁽³⁾.

Cependant les formules brutes de la cinchonamine ($C^{19}H^{24}N^2O$) et de la yohimbine ($C^{21}H^{26}N^2O^3$) sont suffisamment distinctes l'une de l'autre pour laisser supposer des différences importantes dans leur constitution chimique et ceci d'autant plus que, dans nos expériences, les effets physiologiques de ces deux bases se sont révélés fort dissemblables.

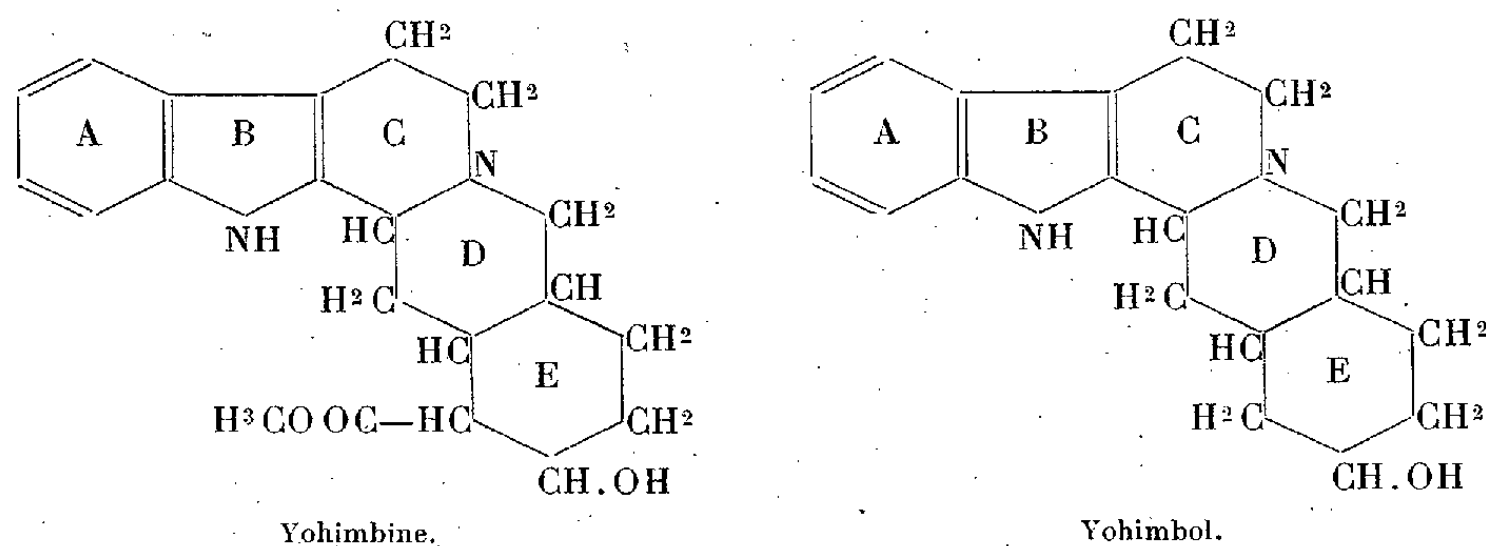
Mais on connaît un dérivé de la yohimbine, le yohimbol, qui est isomère de la cinchonamine. Bien que ses constantes physiques (B. Witkop) le distinguent de cette dernière et établissent *a priori* qu'il ne lui est pas identique, on devait le comparer avec elle.

⁽¹⁾ RAYMOND-HAMET, *C. R. Soc. Biol.*, **134**, 1940, p. 510.

⁽²⁾ RAYMOND-HAMET, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 135.

⁽³⁾ C'est par erreur que cette découverte a été récemment (*Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 564) attribuée à M. Ferreira. En réalité dans la *Thèse de Dr-pharm.* qu'il a soutenue le 24 février 1941, c'est-à-dire postérieurement à nos deux premières publications sur la cinchonamine, le dit auteur s'est borné à déclarer que *cet alcaloïde posséderait, d'après une communication orale de M. R. Charonnat, une structure indolique* (*Mémoire inédit*).

Nous avons pu nous assurer que le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de la cinchonamine se montre très voisin de celui du yohimbol, mais aussi de



celui d'une substance beaucoup plus simple, l'acide 2-3-4-5 tétrahydro- β carboline-4 carboxylique (⁴). De cette analogie nous ne croyons pouvoir tirer que la présomption de la présence d'un groupement tétrahydrocarbolinique dans la molécule de la cinchonamine.

Au contraire de leurs spectres, les effets pharmacologiques de la cinchonamine et du yohimbol se sont trouvés fort différents. Alors que la première se comporte comme un sympathicolytique mineur, c'est-à-dire supprime les effets vasoconstricteurs rénaux de l'adrénaline, mais diminue seulement l'action hypertensive de celle-ci, le second possède un pouvoir sympathicolytique majeur, qui, même quantitativement, est très voisin de celui de la yohimbine (⁵).

Faisant état de ce que tous les dérivés de la yohimbine ne différant de celle-ci que par des substitutions effectuées sur son noyau E (⁶) ont une activité sympathicolytique majeure qui, même quantitativement, ne diffère que très légèrement de celle de l'alcaloïde dont ils dérivent, on est en droit de penser que le squelette nucléaire de la cinchonamine, probablement analogue à celui de la yohimbine, comporte des substitutions ou des ruptures qui atteignent d'autres noyaux que celui-là.

(⁴) Préparé par M. Didier Bertrand.

(⁵) Notons ici que l'iodométhylation influence très différemment la yohimbine et la cinchonamine, puisqu'elle supprime presque totalement les effets sympathicolytiques majeurs de la première, alors qu'elle transforme l'action sympathicolytique mineure de la seconde en un pouvoir sympathicosthénique.

(⁶) Acide yohimboïque et esters de celui-ci, yohimbon, yohimbol, desoxy-yohimbine, apo-yohimbine, yohimbylamine etc.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de M. **LOUIS BLARINGHEM** remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Marin Molliard* :

<i>En première ligne.....</i>	M. JOSEPH MAGROU.
<i>En seconde ligne, ex æquo par</i>	MM. RAOUL COMBES.
<i>ordre alphabétique.....</i>	ROGER HEIM.
	HENRI HUMBERT.
	LUCIEN PLANTEFOL.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h 10^m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MAI 1945.

PRÉSIDENTE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température moyenne de l'air au voisinage du sol dans la région parisienne.* Note de M. CHARLES MAURAIN.

Dans une Note relative aux variations séculaires de la température dans les caves de l'Observatoire de Paris (¹), E. Esclangon s'exprime ainsi : « les observations météorologiques faites depuis plus de cent ans dans la région parisienne montrent la constance, à la surface du sol, de la température moyenne de l'air », et il en conclut que les variations séculaires assez fortes, qu'il indique, dans les caves de l'Observatoire, ont une origine interne.

L'étude des variations séculaires de la température de l'air au voisinage du sol ne peut être faite qu'à l'aide de longues séries d'observations effectuées dans des conditions aussi précises et aussi constantes qu'il est possible; de telles séries sont rares, et leur examen est délicat. On admet généralement qu'aucune variation séculaire systématique n'a été mise en évidence pour la température de l'air *à la campagne*; mais la température moyenne annuelle se maintient parfois pendant plusieurs années soit notablement au-dessous, soit notablement au-dessus d'une moyenne portant sur un grand nombre d'années, et ces intervalles de temps sont assez longs pour que les fluctuations correspondantes de la température se fassent sentir dans le sol, avec amortissement progressif, jusqu'à des profondeurs de quelques dizaines de mètres; d'autre part, dans les villes et leur voisinage, l'accroissement de la densité de la population et des foyers domestiques et industriels peut causer pendant de longues durées une élévation de la température moyenne, qui doit s'étendre dans le sol à des profondeurs encore plus grandes.

A l'Observatoire du Parc Saint-Maur, situé dans la boucle de la Marne, à 11^{km},5 de l'Observatoire de Paris, des observations de la température sont faites au même endroit et dans les mêmes conditions depuis 1873; on y prend comme température moyenne d'une journée celle des 24 températures horaires.

(¹) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 981.

Le tableau suivant donne la température moyenne (moyenne des moyennes annuelles) pour les 28 années 1873-1900 et les intervalles de 20 années 1901-1920 et 1921-1940 :

1873-1900..... $10^{\circ},04$ 1901-1920..... $10^{\circ},24$ - 1921-1940..... $10^{\circ},82$

La température moyenne s'est donc élevée de manière notable, et, d'après les quatre moyennes décennales du xx^e siècle, données ci-dessous, la variation a été pendant ces quarante années assez continue :

1901-1910... $10^{\circ},07$ 1911-1920... $10^{\circ},41$ 1921-1930... $10^{\circ},73$ 1931-1940... $10^{\circ},91$

Un fait analogue est constaté pour la série des températures moyennes annuelles à l'Observatoire de Montsouris (la moyenne journalière est ici la moyenne du maximum et du minimum de la température pendant la journée). Là aussi des observations sont faites dans les mêmes conditions depuis 1873. Les températures moyennes pour les mêmes intervalles de temps que ci-dessus sont :

1873-1900..... $10^{\circ},73$ 1901-1920..... $10^{\circ},79$ 1921-1940..... $11^{\circ},25$

et, pour les quatre premières décades du xx^e siècle,

1901-1910... $10^{\circ},63$ 1911-1920... $10^{\circ},95$ 1921-1930... $11^{\circ},15$ 1931-1940... $11^{\circ},35$

Ainsi, à Montsouris comme à Saint-Maur, la température moyenne s'est élevée de plusieurs dixièmes de degré depuis le début du xx^e siècle. On est naturellement porté à penser que ce fait est en relation avec l'extension de l'agglomération parisienne pendant ce temps, au voisinage des deux Observatoires. Mais une étude portant sur un plus grand nombre de stations et sur un plus long intervalle de temps serait nécessaire pour qu'on puisse dire dans quelle mesure l'accroissement de la population intervient, et les variations des conditions météorologiques suffisent pour produire, pendant des périodes plus ou moins longues, des variations de la température moyenne du même ordre que celles indiquées ci-dessus.

Considérons, pour rechercher un renseignement d'un caractère plus général, un tableau donné par Angot dans l'un des mémoires qu'il a consacrés à la climatologie de la France (*Annales du Bur. Centr. Mété.* pour 1900, I, p.B, 111). Il y donne les écarts de la moyenne annuelle de la température à la moyenne du demi-siècle 1851-1900 pour 13 stations importantes réparties en France ou au voisinage immédiat. On constate que les écarts négatifs l'emportent sur les écarts positifs dans la première partie de ce demi-siècle, alors que c'est l'inverse dans la deuxième partie. Envisageant la première et la dernière décade, on obtient les résultats suivants :

	Somme des écarts		Somme algébrique des écarts.
	positifs.	négatifs.	
Première décade 1851-1860.....	31,7	48,0	- 16,3
Dernière décade 1891-1900.....	43,2	19,8	+ 23,4

Cela montre que, dans l'ensemble, les températures de la dernière décade sont plus élevées que celles de la première, l'élévation moyenne étant environ $0^{\circ},3$ pour l'intervalle de 40 ans compris entre les milieux des deux décades. La plupart de ces stations étant voisines de grandes villes, on peut supposer, comme plus haut, que l'extension des agglomérations est pour quelque chose dans le phénomène; mais il est possible aussi qu'il y ait là seulement une élévation momentanée de la température moyenne due aux circonstances météorologiques.

Enfin prenons encore la série des températures moyennes annuelles à l'Observatoire de Nantes, qui dépend de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Cet Observatoire est un peu en dehors de la ville (les moyennes journalières sont ici celles de 8 observations de 3^h en 3^h). Angot arrive, dans le mémoire cité ci-dessus, à $11^{\circ},24$ pour la moyenne des 50 années 1851-1900; d'autre part la moyenne des 40 années 1901-1940 est $11^{\circ},29$. Les moyennes de ces deux longues séries ne diffèrent ainsi que d'un demi-dixième de degré, c'est-à-dire sont sensiblement identiques.

Ce dernier fait s'accorde avec l'idée, généralement admise, que la température de l'air libre, au voisinage du sol, ne présente pas, à l'époque actuelle, de variation séculaire sensible, et il est favorable à l'hypothèse attribuant au développement de Paris et de sa banlieue un rôle important dans les élévations de la température à Saint-Maur et à Montsouris, signalées ci-dessus; il est probable dès lors que, dans l'intérieur de Paris, il s'est produit une élévation encore plus marquée de la température moyenne, laquelle, étant de longue durée, a dû s'étendre dans le sol jusqu'à des profondeurs de l'ordre de celle des caves de l'Observatoire. En tous cas, on peut penser que l'élévation de la température de l'air dans la région parisienne, au cours du xx^e siècle, constatée dans les Observatoires de Saint-Maur et de Montsouris, est intervenue, quelle que soit son origine, dans l'élévation de température d'environ $0^{\circ},4$ dans les caves de l'Observatoire de Paris, de 1922 à 1943, signalée par E. Esclançon.

Les observations anciennes de la température de l'air, celles antérieures par exemple au milieu du xix^e siècle, sont trop incertaines pour qu'on en puisse déduire des renseignements précis sur les variations de la température moyenne; de longues séries d'observations faites en des endroits bien choisis, où les conditions restent fixes, sont nécessaires pour l'étude générale de ces variations.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique, en remplacement de M. *Marin Molliard*, décédé.

Le nombre des votants étant 47, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages.			
	1 ^{er} tour.	2 ^e tour.	3 ^e tour.	4 ^e tour.
M. Joseph Magrou.....	15	20	23	29
M. Lucien Plantefol.....	11	14	13	16
M. Raoul Combes.....	11	13	11	
M. Henri Humbert.....	6			
M. Roger Heim.....	4			
Bulletins blancs.....				1
Bulletins nuls.....				1

M. **JOSEPH MAGROU**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **ELMER DREW MERRILL** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Seiitirô Ikeno*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

- 1^o **HENRI DUBOIS-FERRIÈRE**. *La maladie post-opératoire et le shock traumatique*.
- 2^o **MAURICE LANGERON**. *Précis de mycologie*.

M. **MARCEL-E. DENAEYER** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure des fonctions harmoniques à la frontière*. Note de M. **MARCEL BRELOT**, présentée par M. Élie Cartan.

1. L'introduction des ensembles effilés ⁽¹⁾ avait suggéré à H. Cartan de rendre continues les fonctions sousharmoniques par la topologie la moins fine et dont les voisinages d'un point M sont les ensembles contenant M et de complémentaires effilés en M. J'ai alors utilisé ⁽²⁾ la notion de limite correspondante dite pseudolimite et précisé des résultats qui s'exprimaient avec la

⁽¹⁾ *Journ. de Math.*, 13, 1940, p. 319.

⁽²⁾ *Bull. Sc. Math.*, 65, 1941, p. 72 (noté BS).

quasi-limite ⁽³⁾ (laquelle existe et vaut la pseudolimite quand celle-ci existe). Je poursuis ici cette étude en étendant, sur l'allure à la frontière d'une fonction harmonique, des résultats élémentaires dans le cas d'un point isolé. Je me placerai dans l'espace compact \bar{R}_τ obtenu par adjonction du point à l'infini \mathcal{R}_τ à l'espace ordinaire R_τ à τ dimensions, et où a été étendue la théorie des fonctions harmoniques ⁽⁴⁾.

THÉORÈME 1. — Soit dans \bar{R}_τ un ouvert Ω de complémentaire non polaire et sur la frontière $\bar{\Omega}^*$ une fonction f bornée résolutive. La solution H_f^Ω admet en tout point frontière irrégulier Q ⁽⁵⁾ une pseudolimite $\Lambda_f^\Omega(Q) = \int f d\mu_Q$, où μ_Q est comme la mesure harmonique μ_M une mesure de Radon sur $\bar{\Omega}^*$; il y a identité des ensembles de mesure nulle pour μ_Q et pour le μ_M relatif à tout M du domaine composant de Ω dont Q est point frontière irrégulier; et la sommabilité- μ_Q entraîne la sommabilité- μ_M .

La démonstration a été faite (BS) pour Ω borné, f continue en Q ; cette seconde restriction se lève en imaginant qu'on encadre f par deux fonctions constantes au voisinage de Q et égales à f ailleurs. Le cas de Ω plan d'extérieur non vide se traite par inversion. Pour passer au cas général dans \bar{R}_τ , on sépare l'intersection Ω_1 de Ω avec un voisinage de Q et l'on introduit la fonction Φ sur $\bar{\Omega}_1^*$ égale à f sur $\bar{\Omega}^*$ et à H_f^Ω ailleurs; Φ est résolutive bornée et $H_\Phi^{\Omega_1} = H_f^\Omega$ dans Ω_1 , d'où l'existence d'une pseudolimite $\Lambda_f^\Omega(Q)$ égale à $\Lambda_\Phi^{\Omega_1}(Q)$ avec des propriétés de linéarité en f et de passage à la limite qui permettent de l'exprimer selon $\int f d\mu_Q$. Le reste se traite comme dans le cas particulier initial.

COROLLAIRE. — Soit au voisinage d'un point Q une fonction u harmonique et bornée hors d'un ensemble E fermé effilé en Q . Alors u admet une pseudolimite en Q .

On se ramène à $Q \neq \mathcal{R}_\tau$, dans le plan, par inversion. En utilisant le critère d'effilement de Wiener (voir BS) on formera aisément ω ouvert contenu dans CE , de frontière formée de points de CE et de Q , encore irrégulier pour ω . Dans ω , $u = H_\varphi^\omega$, où φ vaut u hors Q , et il suffit d'appliquer le théorème 1.

Comme conséquence particulière, il y a, pour $Q \neq \mathcal{R}_\tau$ par exemple, une limite de la moyenne sur une surface sphérique (circonférence) de centre Q et rayon tendant vers zéro.

⁽³⁾ Voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 737.

⁽⁴⁾ *Ann. École Norm. sup.*, 61, 1944, p. 301 (noté EN).

⁽⁵⁾ C'est-à-dire tel que $C\Omega$ soit effilé en Q . Rappelons que, si $\tau \geq 3$, \mathcal{R}_τ , s'il est sur $\bar{\Omega}^*$, est toujours régulier.

THÉOREME 2. — Reprenons Ω de complémentaire non polaire, en particulier bornée et sur $\bar{\Omega}$ une fonction borélienne, hors tout voisinage de Q (irrégulier), majorée en module au voisinage de Q par $KV(M)$ ($K = \text{const.}$), où $V(M)$ vaut $h(QM)$ ⁽⁶⁾ pour $Q \neq \mathcal{R}_\tau$, et $-h(OM)$ ($O \neq \mathcal{R}_\tau$) pour $\tau = 2$ et $Q = \mathcal{R}_\tau$. On sait que f est résolutive ⁽⁷⁾. De plus H_f^Ω/V admet en Q une pseudolimite nulle.

On se ramène à Ω borné assez petit, $f \geq 0$, puis même $f = h(QM)$. Alors on sait ⁽⁸⁾ que H_f^Ω minore $h(QM)$ et en est distincte. Alors $U = h(QM) - H_f^\Omega \geq 0$, s'annule aux points frontière réguliers et minore $h(QM)$, d'où $\limsup_{M \in \Omega, M \rightarrow Q} U/h(QM) = k \leq 1$. Si l'on avait $k < 1$, $h - U/k'$ ($k < k' < 1$) serait ≥ 0 et majorerait H_f^Ω , d'où $U \geq U/k'$ et $U = 0$.

Puisque $k = 1$, U/h admet en Q une pseudolimite égale à 1 ⁽⁹⁾ et H_f^Ω/h une pseudolimite nulle.

COROLLAIRE. — Soit au voisinage de $Q \neq \mathcal{R}_\tau$ une fonction u harmonique hors d'un ensemble E fermé effilé en Q et telle que $|u/h(QM)|$ soit bornée. Alors $u/h(QM)$ admet une pseudolimite en Q .

On prend, comme dans l'autre corollaire, ω , et H_u^ω , qui diffère de u d'une fonction v s'annulant aux points frontière réguliers et telle que $|v/h(QM)|$ soit borné. Reste à étudier $V = v/h(QM)$. Soient λ et μ ses limites supérieure et inférieure pour $M \rightarrow Q$. Si $\lambda > 0$, V a une pseudo-limite λ ⁽¹⁰⁾; si $\lambda > 0$, V a de même une pseudolimite μ . Si $\lambda = \mu = 0$, $V \rightarrow 0$. D'où le résultat ⁽¹¹⁾.

Dans le plan, extension évidente au cas de Q en \mathcal{R}_2 .

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Microsondage élastique d'une pièce anisotrope. Application à un barreau d'invar tréfilé.* Note de MM. **PIERRE CHEVENARD**, **CHARLES CRUSSARD** et **JOSEPH PERRIER**, présentée par M. Léon Guillet.

Ainsi que nous l'avons montré ⁽¹⁾, le coefficient de Poisson, déterminé par la méthode de Kirchhoff ⁽²⁾, est un révélateur très sensible de l'anisotropie provoquée

⁽⁶⁾ $h(r)$ désigne $\log(1/r)$ ($\tau = 2$) ou $1/r^{\tau-2}$ ($\tau \geq 3$).

⁽⁷⁾ Voir (EN), n° 17, note 57.

⁽⁸⁾ Voir par exemple (BS), théorème 5.

⁽⁹⁾ Voir BS n° 12, théorème 9, b [où il faut lire que λ égale $\lim. \sup. u/h(OM)$].

⁽¹⁰⁾ Même raison que pour U/h précédemment.

⁽¹¹⁾ On voit d'ailleurs que v est soit ≥ 0 , soit ≤ 0 .

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 685.

⁽²⁾ Dans le cas d'un barreau anisotrope, le coefficient de Poisson mesuré par la méthode de Kirchhoff, c'est-à-dire défini par le rapport des deux modules d'Young et de Coulomb : $1 + \sigma = E/2\mu$, est tout différent du coefficient déterminé d'après la contraction et l'allongement produits par une force longitudinale. Ainsi, pour le barreau d'invar étudié, la première méthode a donné 0,65, alors qu'on a obtenu 0,28 en appliquant la deuxième au moyen des microextensomètres pneumatiques de M. de Leiris.

par les interventions mécaniques dans certains alliages sidérurgiques, spécialement dans les ferronickels réversibles voisins de l'invar. L'idée est venue de baser sur cette propriété une méthode de *microsondage élastique*, propre à explorer des pièces devenues anisotropes par l'effet d'un travail à froid, étirage, refoulement, emboutissage etc. Deux difficultés principales ont dû être surmontées :

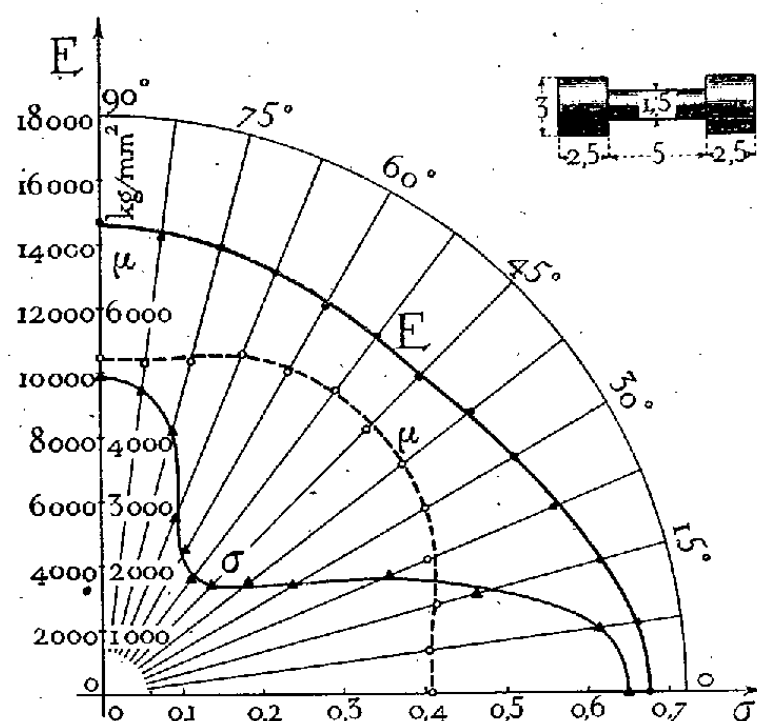
1° Le prélèvement et l'usinage des microéprouvettes doivent être conduits de manière à rendre aussi faible, aussi superficiel et aussi constant que possible l'écroutissage inséparable de tout travail mécanique. Des prismes, découpés avec une scie à main, sont arrondis à la lime douce, puis mis aux cotes par tournage. L'outil de tour est en carbure de tungstène et l'acuité de l'arête coupante est contrôlée au microscope; un dispositif automatique réalise un chariotage à très faible passe, à tel point qu'il faut 90 minutes pour réduire le diamètre de 3 à 1^{mm},5 sur une longueur de 5^{mm}. La concordance, à un ou deux centièmes près, des résultats observés sur des microéprouvettes semblablement orientées et la cohérence des chiffres obtenus pour des angles d'orientation régulièrement échelonnés prouvent l'efficacité des précautions prises.

2° En vue d'appliquer la méthode à des pièces peu volumineuses, nous avons limité à 1^{cm} la longueur totale de la microéprouvette, ce qui laisse un tronçon utile de 5^{mm}, compte tenu des têtes indispensables. Comme les risques d'écroutissage augmentent rapidement au fur et à mesure qu'on amenuise le cylindre central, nous lui avons donné un diamètre de 1^{mm},5. La microéprouvette ainsi définie est donc beaucoup moins élancée que la grosse éprouvette (longueur 100^{mm}, diamètre 4^{mm}) utilisée dans nos recherches antérieures sur le coefficient de Poisson. Aussi, pour mesurer ce coefficient σ avec exactitude, avons-nous dû créer spécialement des appareils très sensibles.

Deux élasticimètres ont été successivement réalisés. Le premier, dérivé des appareils Le Rolland, comporte des pendules sympathiques. Dans le deuxième, la microéprouvette, encastrée à un bout, est prolongée par un levier en forme de T, grâce auquel on lui impose, en appliquant des couples connus, soit une flexion pure, soit une torsion superposée à une flexion; les déformations sont mesurées par des leviers optiques. Ces deux techniques ont donné des résultats concordants, mais la deuxième a été finalement préférée : avec l'appareil statique, le montage est plus simple, les manipulations plus rapides et il est plus facile de recourir à l'enregistrement photographique.

Voici, à titre d'exemple, les résultats fournis par le sondage microélastique d'un barreau d'invar tréfilé ($C = 0,08$; $Mn = 0,47$; $Ni = 35,7 \%$). Ce barreau provient d'un cylindre tourné à 14^{mm} de diamètre, recuit à 950° pendant 30 minutes, puis étiré à froid au diamètre de 10^{mm} en deux passages à la filière. Le coefficient de Poisson longitudinal, déterminé sur grosse éprouvette, a été trouvé égal à 0,65. Une analyse aux rayons X, effectuée par M. Waché et confirmée par M. Guinier, a montré une orientation privilégiée principale et

Des microéprouvettes diversement orientées ont été découpées dans le barreau, puis soumises aux essais microélastiques. Le diagramme ci-dessous,



Elle nous paraît compléter utilement la série des microméthodes instituées par l'un de nous pour l'étude des échantillons rares et pour l'exploration des pièces hétérogènes ou anisotropes : traction, cisaillement, flexion, torsion continue, torsion alternée, frottement intérieur, fluage, choc ⁽³⁾. Rappelons, à cette occasion, que d'autres appareils créés à Imphy, le thermomagnétomètre et le microdilatomètre récemment adaptés à l'étude des minéraux ⁽⁴⁾, admettent des éprouvettes dont le diamètre peut être inférieur à 1^{mm} et la longueur à 1^{cm}. Il est donc possible désormais d'entreprendre l'étude physicothermique et mécanique complète d'un échantillon métallique en opérant sur une masse comprise entre le centième et le millième de celle qui était autrefois nécessaire.

Note de M. **ROBERT JONCKHEERE**, présentée par M. Ernest Esclangon.

(³) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 212; 211, 1940, p. 631.

(⁴) *Ibid.*, 218, 1944, p. 538.

que la magnitude 9,0, et l'on ne pouvait savoir l'importance que prendraient ces étoiles parmi les systèmes binaires.

Nous avons pensé, dès cette époque, que les étoiles doubles de faible éclat, en mouvement relatif, devaient être plus nombreuses qu'on ne l'avait cru. Dans cette idée, nous entreprîmes une recherche systématique de couples nouveaux au delà de la 9^e magnitude, où s'arrêtait le *survey* de l'Observatoire Lick, tout en conservant la limite de 5" de séparation adoptée en Amérique. Il fallait, en effet, trouver les couples faibles avant de pouvoir les étudier, et cela ne pouvait se faire que par l'observation visuelle directe du Ciel, car nous avons montré que le *Catalogue photographique du Ciel* ne donnait pas de résultats satisfaisants à cet égard. *La valeur statistique de celui-ci est bien faible en ce qui concerne les étoiles doubles* ⁽¹⁾.

Cette étude s'est révélée du plus grand intérêt. Nous avons eu la satisfaction de constater, depuis le début de ce siècle, la découverte d'étoiles faibles, relativement peu éloignées du Soleil, et celle de nombreuses étoiles de petites masses. La relation masse-luminosité a aussi considérablement augmenté l'intérêt de nos recherches.

Nous venons de terminer, à l'Observatoire de Marseille, ce travail commencé il y a 40 ans. Il a été publié en 2 séries, comprenant 33 listes d'étoiles doubles nouvelles, dont le nombre total atteint 3200 couples observés dans divers Observatoires en France, en Angleterre et en Allemagne, avec 8 réfracteurs de 16, 22, 25, 26, 35, 38, 40, 71^{cm} et 2 réflecteurs de 80 et 120^{cm}.

Ces étoiles doubles nouvelles comprennent 1700 couples de 0" à 3" de séparation, 1300 de 3" à 5", et 200, plus brillants, de plus de 5". Les mesures micrométriques des 1000 premiers couples ont donné une séparation moyenne de 2",07; ces mesures, faites à plusieurs époques, ont été réunies en un Volume en 1917 ⁽²⁾. Nous pressons maintenant les mesures de tous les couples trouvés.

Ce *survey* a aussi fourni 6 nébuleuses nouvelles, dont 4 planétaires, 3 étoiles rouges, avec des indices de couleur remarquables allant jusqu'à + 7,4, et une nova galactique.

Dans le tableau suivant la colonne J indique le nombre de couples trouvés par heure d'ascension droite; en H, nous avons placé, en les quintuplant, les valeurs moyennes fournies par les jauges de W. Herschel pour toutes les étoiles en général dans la bande équatoriale de 30°, que nous avons le plus observée.

Heure.	J.	H.	Heure.	J.	H.	Heure.	J.	H.	Heure.	J.	H.
0....	72	47	6....	443	357	12....	22	25	18....	363	420
1....	60	37	7....	282	339	13....	20	44	19....	530	510
2....	35	39	8....	134	162	14....	23	45	20....	372	201
3....	34	35	9....	60	52	15....	17	49	21....	170	103
4....	46	108	10....	35	30	16....	28	79	22....	108	64
5....	171	247	11....	37	25	17....	58	186	23....	70	41

⁽¹⁾ *The Observatory*, 40, 1917, p. 233; *Journal des Observateurs*, 24, 1941, pp. 21, 24; 26, 1943, p. 28.

⁽²⁾ *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, 61, 1917.

La comparaison des nombres montre, dans l'ensemble, l'homogénéité de notre *survey*. Résultat assez remarquable, car la colonne J ne représente que les couples nouveaux que nous avons pu trouver. En fait, si l'on y ajoute les couples déjà connus, une étude plus complète montre que, *si une région A contient deux fois plus d'étoiles qu'une région B, alors A comprend trois fois plus d'étoiles doubles que la région B*. Mais cela n'est vrai que pour les couples serrés, ce qui est contraire aux résultats que donnerait le calcul des probabilités.

Il y a dans le Ciel des champs riches en étoiles doubles, mais il y en a aussi beaucoup d'autres très pauvres où l'on peut passer des heures à l'oculaire sans rencontrer, avec un instrument moyen, un seul couple nouveau jusqu'aux étoiles les plus faibles du B. D. et sous la limite de 5" de séparation.

Prenant le Ciel dans son ensemble, de même que les saisons, la recherche des étoiles doubles nouvelles est aujourd'hui, dans l'hémisphère nord, un travail assez pénible. Le nombre de couples visibles diminue très rapidement quand la séparation augmente et aussi, relativement, quand la magnitude augmente, si bien que les couples visibles de faible éclat sont beaucoup moins nombreux qu'on ne le croit habituellement. Nous pensons qu'il serait aujourd'hui très laborieux de vouloir trouver, avec un instrument moyen et sous nos latitudes, encore un millier d'étoiles doubles nouvelles, entre 2" et 5" de séparation, jusqu'à la limite des magnitudes du B. D.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre de la nébuleuse d'Orion.*

Note de MM. TCHENG MAO-LIN et JEAN DUFAY, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons montré ⁽¹⁾ que le spectre de la nébuleuse d'Orion contenait les raies interdites de Fe III et, très probablement, de Fe II. Nous donnons ci-dessous la liste de toutes les radiations présentes sur nos clichés, avec leur attribution probable. Cette liste comprend des raies très faibles dans l'intervalle 3700-5000 Å, mais seulement les raies les plus intenses au delà de 5000 Å. La précision de nos mesures est de l'ordre de 0,05 Å vers 3700 Å (pour les raies qui ne sont pas à la limite de visibilité), de 0,2 à 0,3 Å vers 5000 Å. Elle est beaucoup moins bonne dans le rouge, où la définition du spectre est médiocre. Les raies précédemment observées par H. W. Wright ⁽²⁾ sont marquées d'un astérisque, celles découvertes par R. H. Stoy ⁽³⁾ de deux astérisques.

En dehors des raies interdites de [Fe III] et [Fe II], quelques nouvelles radiations peuvent être attribuées à des transitions permises de He I, C II, C III, N III, O II et peut-être N II.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 583.

⁽²⁾ *Publications of the Lick Observatory*, 13, 1918, p. 193.

⁽³⁾ *Lick Observatory Bulletin*, 17, 1935, p. 179, n° 480.

Nébuleuse		Identification	Nébuleuse		Identification
3704,9*	2	3703,86 H ₁₆	4317,4	4	4317,11 O II
		3705,03 He I	4340,45*	50	4340,47 H _γ
3711,92*	3	3711,98 H ₁₁	4363,1*	20	4363,2 [O III]
3722,15*	4,5	3721,95 H ₁₂	4387,8*	13	4387,93 He I
3726,21*	70	3726,10 [O II]	4408,6?	0	
3728,84*	50	3728,83 [O II]	4414,8	3	4413,80 [Fe II]
3734,1*	4	3734,37 H ₁₃			4414,85 O II
3750,19*	8	3750,15 H ₁₂			4416,38 [Fe II]
3770,66*	10	3770,63 H ₁₁			4416,97 O II
3797,86*	12	3797,91 H ₁₀	4437,55	1	4437,55 He I
3813,3	2		4451,1	0,5	4452,02 [Fe II]?
3819,57*	4	3819,64 He I	4471,56*	65	4471,51 He I
3835,39*	2	3835,40 H ₉	4621,6?	2	4621,4 [C I]?
3868,77*	55	3868,7 [Ne III]			4621,41 N II?
3888,94*	60	3888,61 He I	4629,4	2	
		3889,06 H ₂	4640,4	5	4640,64 N III
3919,5	2	3918,98 C II	4649,5	5	4647,40 C III
		3920,68 C II			4649,12 O II
3926,4	1	3926,53 He I			4650,16 C III
3964,7*	7	3964,73 He I			4650,80 O II
3967,45*	40	3967,5 [Ne III]			4651,35 C III
3970,08*	70	3970,07 H ₈	4658,1*	14	4658,08 [Fe III]
4009,0	4	4009,27 He I	4701,6	7	4701,5 [Fe III]
4026,22*	20	4026,22 He I	4713,2*	14	4713,20 He I
4068,63*	16	4068,62 [S II]	4733,7	2	4733,6 [Fe III]
4076,23*	10	4076,22 [S II]	4755,5	2	4755,1 [Fe III]
4088,7	0,5	4087,14 O II?	4769,1	1,5	4770 [Fe III]
		4089,27 O II?	4813,8?	0	4814,50 [Fe II]?
4101,75*	100	4101,74 H ₈	4861,4*	225	4861,3 H _β
4120,84*	6	4120,85 He I	4880?	3	
4143,62*	6,5	4143,77 He I	4921,96*	9	4921,93 He I
4155,5	1		4959,2*	200	4958,91 [O III]
4169,0	0	4168,97 He I	5006,8*	250	5006,84 [O III]
4243,83	2	4243,93 [Fe II]	5877,7*	70	5875,65 He I
4267,2*	7	4267,16 C II	6544**	80?	6548,4 [N II]
4276,8	2,5	4276,80 [Fe II]	6562,9*	250	6562,8 H _α
4287,2	2,5	4287,31 [Fe II]	6582,6*	55	6583,9 [N II]

On admet que les atomes sont ionisés par le rayonnement ultraviolet d'une étoile à température relativement élevée et que l'émission de la plupart des raies permises résulte de la recombinaison des ions et des électrons. Le rayonnement stellaire doit donc être capable d'ioniser l'hydrogène (13,3 eV), l'hélium (24,5 eV), deux fois l'oxygène (34,9 eV), trois fois le carbone (37,7 eV) et l'azote (47,4 eV), mais incapable d'ioniser deux fois l'hélium (54,1 eV), puisque les raies de He II n'apparaissent pas.

Le choc contre les ions des électrons arrachés aux atomes par le rayonnement ultraviolet suffit à porter les ions à leurs niveaux métastables de faible

énergie (2 à 5 eV), d'où ils redescendent en émettant les raies interdites. Mais, d'après ce qui précède, l'énergie d'ionisation, empruntée au rayonnement stellaire, ne saurait excéder 47 eV environ. Effectivement l'énergie nécessaire à la production des ions donnant les raies interdites présentes dans le spectre de la nébuleuse est comprise entre 7,8 eV ([Fe II]) et 40,8 eV ([Ne III]).

Quant au 3^e mécanisme de I. S. Bowen (*), qui explique par un effet de fluorescence la sélection des raies permises de O III et N III observée dans bien des spectres nébulaires, il ne doit pas jouer de rôle appréciable dans le cas de la nébuleuse d'Orion, puisqu'il fait intervenir l'absorption par l'ion O⁺⁺ de la raie de résonance 303,78 Å de He II.

ÉLECTROCHIMIE. — *Remarques sur le mécanisme du polissage électrolytique et sur ses irrégularités dans le cas où existe une couche anodique visqueuse.* Note de M. FRANÇOIS BERTEIN, présentée par M. Camille Gutton.

Cas du polissage dans les conditions optima. — On sait que le polissage électrolytique d'un métal M s'obtient en faisant jouer à ce métal le rôle d'anode dans une électrolyse convenable. Nous envisagerons ici une classe importante d'électrolytes pour laquelle le phénomène s'accompagne de la formation, sur cette anode, d'une couche visqueuse et résistante, particulièrement riche en cations M⁺; on n'observe pas de dégagement d'oxygène; seule a lieu la dissolution du métal $M \rightarrow M^+$.

Elmore a donné de ce phénomène (*Journ. of Applied Phys.*, 10, p. 727; 11, p. 797) une théorie montrant bien que la dissolution en un point est d'autant plus rapide que la surface y est plus convexe; de là résulte le polissage du métal.

Pour traduire mathématiquement cette idée le plus simplement possible, envisageons une surface métallique S macroscopiquement horizontale; son équation dans un système d'axes rectangulaires Z(x, t) exprimant l'existence de rayures cylindriques parallèles données par le polissage mécanique préalable. Si l'on suppose la dissolution du métal en tout point fonction des dérivées des premiers ordres en ce point, S étant d'autre part assez voisine de la planéité dès l'origine pour qu'on puisse ne tenir compte que des termes du 1^{er} degré du développement, on trouve que Z satisfait à l'équation

$$(1) \quad \frac{\partial Z}{\partial t} = a \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} - b;$$

les dérivées du 1^{er} et du 3^e ordre n'interviendraient qu'au 2^e degré.

Remarquons que le second membre, où a et b sont des constantes positives, met en évidence le rôle de la courbure, donc un *pouvoir de pointes*. Dans ces conditions l'évolution de la surface du métal au cours du temps est donnée

(*) *Astrophysical Journal*, 91, 1935, p. 1.

à partir de (1), par

$$Z(xt) = -bt + \int_{-\infty}^{+\infty} C(p) e^{-ap^2t} e^{ipx} dp.$$

Le premier terme rend compte d'un abaissement global de S , le deuxième de son nivellement, car on voit que les divers harmoniques qui figurent dans le profil de S disparaissent progressivement, d'autant plus vite qu'ils sont de rang plus élevé; donc les petites aspérités disparaissent avant les grandes et, si le profil était périodique à l'origine, il finirait par être sinusoïdal avant de s'aplanir complètement.

On remarque encore que (1) se réduit à l'équation de la diffusion, à condition de retirer le terme en b responsable seulement de la dissolution globale.

Irrégularités du polissage. — Dans la théorie précédente, on suppose la couche anodique au repos; si, en effet, cette couche présente des mouvements d'ensemble, le déplacement des cations M^+ proviendra non seulement de la diffusion, mais aussi de ces derniers; on conçoit que le polissage en soit affecté, la surface métallique présentant, après électrolyse, un relief qui gardera vraisemblablement l'empreinte de ces mouvements, s'ils sont stationnaires, et par suite renseignera sur leur nature. Le cas particulier étudié ici est celui d'un acier à 18 % de chrome et 8 % de nickel, poli par électrolyse du mélange perchlorique-

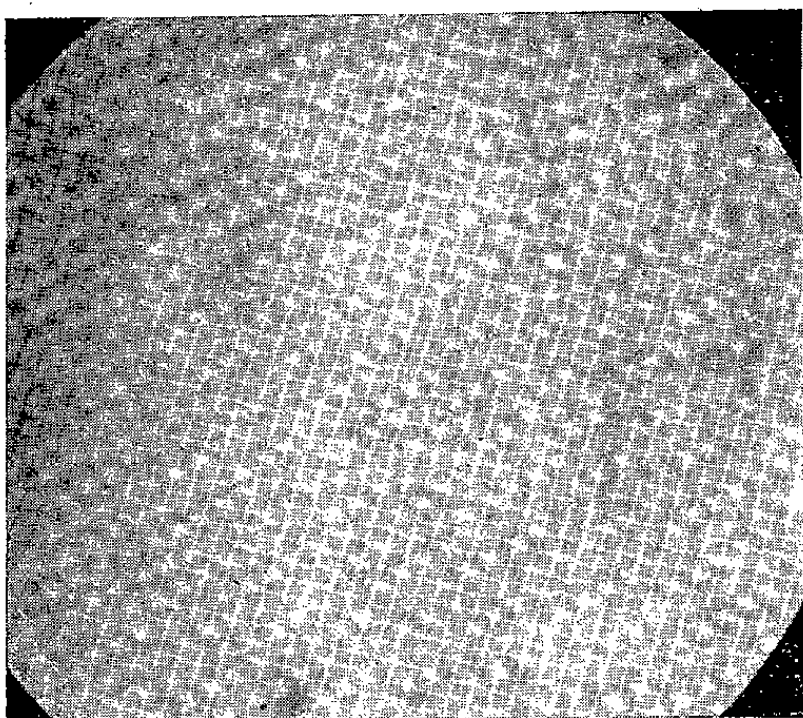


Fig. 1.

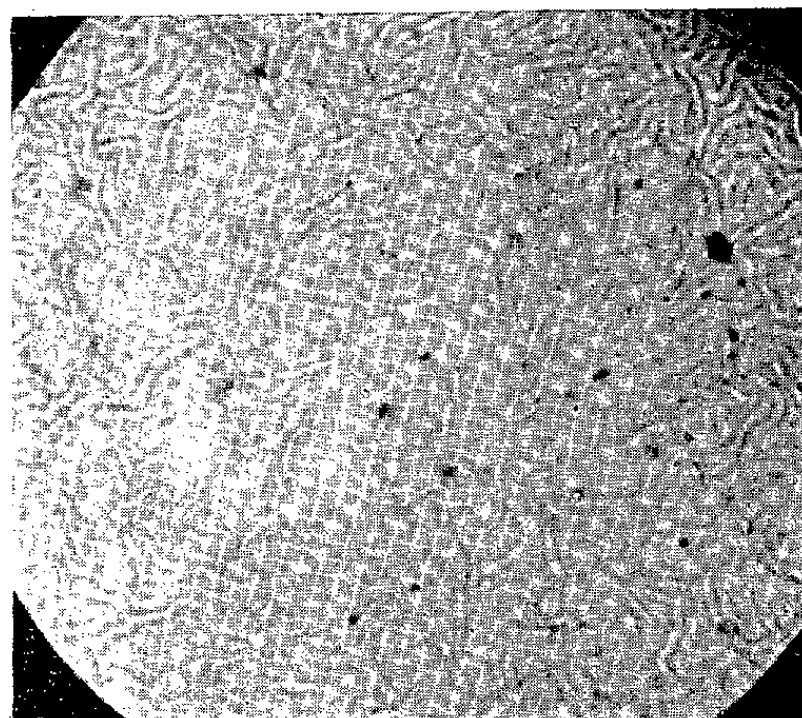


Fig. 2.

acétique ⁽¹⁾. La couche anodique étant sensiblement plus dense que le reste du liquide, la surface à traiter doit être placée horizontalement et orientée vers le haut, si l'on veut que la couche reste au repos. Mais, même avec cette disposition, il peut se manifester, sur le métal traité, des particularités dont les figures 1 et 2 montrent les aspects au microscope: il s'agit d'ondulations dont la

(¹) JACQUET, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1012.

longueur d'onde est de l'ordre de quelques microns, et qui donnent, par effet de réseau optique, une surface toujours brillante, mais présentant des irisations. Ce phénomène n'a pas son origine dans la structure interne du métal, car il varie avec la durée de l'électrolyse. Il suggère manifestement l'idée qu'il existe des tourbillons cellulaires ou en rouleaux dans la couche anodique. Ces tourbillons ne doivent pas être d'origine thermique, car la même particularité peut apparaître sur une anode verticale. On peut penser qu'il s'agit de mouvements électroconvectifs provoqués par les ions M^+ qui tendent à s'éloigner du métal sous l'effet de la diffusion et du champ.

OPTIQUE. — *Données numériques sur les propriétés optiques des miroirs aluminés.*

Note de M. LOUIS DUNOYER.

Bien que les couches métalliques minces obtenues par évaporation thermique dans le vide aient fait l'objet de travaux très nombreux depuis quelques années, et que les miroirs aluminés obtenus par ce procédé soient de plus en plus employés pour de nombreuses applications, on ne trouve guère de renseignements numériques précis sur la relation entre l'épaisseur, le facteur de transmission et les facteurs de réflexion du côté métallisé et du côté verre. Les seules qui, à ma connaissance, aient été publiées, sont celles que Strong a insérées dans son Ouvrage *Procedures for Experimental Physica* (1939). Encore l'épaisseur est-elle remplacée par l'indication, assez empirique, de la masse d'aluminium dont il faut charger le filament, placé à 33^{cm} de la surface de verre, pour obtenir une transparence donnée. De plus Strong lui-même présente ces renseignements comme « ne donnant pas une possibilité très grande de reproduire un film donné ».

Sur une glace horizontale, j'ai disposé, dans un très bon vide, 20 lamelles de $5 \times 1 \times 0,08$, contiguës par leur grand côté et formant ainsi une lame de 5^{cm} de largeur sur 20^{cm} de longueur. Dans le plan de symétrie de cette lame et à l'aplomb d'une de ses extrémités se trouvait, à 8^{cm},35 de la lame, un globule d'aluminium, qui a été évaporé jusqu'à ce que la transparence de la lamelle la plus éloignée de la source commençât à diminuer. Ces lamelles, pesées à la microbalance avant aluminure, étaient repesées après. Les deux facteurs de réflexion et le facteur de transmission étaient ensuite déterminés sous incidence normale et sous incidence 45°, en éclairant en faisceaux parallèles une plage de 4×2 ^{mm} au centre de chaque lamelle, le grand côté de cette plage étant perpendiculaire à celui de la lamelle. On obtenait ainsi la masse de métal déposée par unité de surface et les facteurs optiques pour le centre de chaque lamelle, à condition d'admettre que, sur la largeur d'une lamelle (1^{cm}), la variation de la densité superficielle, et, sur une largeur de 4^{mm}, la variation des facteurs optiques étaient des fonctions linéaires de l'abscisse x à partir de l'extrémité située à l'aplomb de la source. On s'est assuré, par des expériences spéciales sur

des *coins* préparés de la même manière, que cette hypothèse était largement légitime. Le grand avantage de cette méthode sur celle qui consiste à préparer successivement un certain nombre de dépôts uniformes, c'est que les conditions de formation des dépôts ont beaucoup plus de chances d'être les mêmes pour tous.

Les mesures optiques ont été faites, deux mois après la préparation des lamelles, avec la lumière blanche d'une lampe à filament de tungstène à atmosphère gazeuse, de 50 bougies sous 12 volts. Des facteurs directement mesurés, T_0 et T_{45} facteurs de transmission, R_{0m} et R_{45m} facteurs de réflexion du côté métallisé, R_{0v} et R_{45v} facteurs de réflexion du côté non métallisé, on a déduit les facteurs analogues relatifs à la couche métallique seule, t_0 et t_{45} facteurs de transmission, r_{0m} et r_{45m} facteurs de réflexion du métal dans l'air et r_{0v} et r_{45v} facteurs de réflexion du métal dans le verre. Le tableau suivant donne les valeurs de ces quantités en fonction de l'épaisseur d de la couche, calculée en millimicrons en admettant pour le dépôt la densité du métal massif (2,7).

$d(m\mu)$	T_0	R_{0m}	R_{0v}	T_{45}	R_{45m}	R_{45v}	t_0	r_{0m}	r_{0v}	t_{45}	r_{45m}	r_{45v}
7,5...	0,496	0,174	0,048	0,472	0,178	0,055	0,523	0,163	0,007	0,509	0,165	0,008
8,3...	0,421	0,214	0,068	0,397	0,223	0,074	0,444	0,206	0,029	0,427	0,214	0,030
9,2...	0,317	0,276	0,108	0,308	0,284	0,114	0,333	0,271	0,074	0,331	0,283	0,076
10,3...	0,251	0,339	0,161	0,241	0,344	0,164	0,263	0,336	0,132	0,258	0,341	0,133
11,5...	0,199	0,403	0,223	0,194	0,407	0,223	0,208	0,401	0,200	0,207	0,405	0,201
13,1...	0,158	0,466	0,296	0,154	0,471	0,293	0,165	0,465	0,280	0,164	0,470	0,280
15,2...	0,122	0,528	0,368	0,118	0,533	0,367	0,127	0,527	0,358	0,125	0,532	0,364
17,8...	0,091	0,592	0,446	0,087	0,598	0,444	0,094	0,592	0,442	0,092	0,598	0,450
20,8...	0,062	0,656	0,529	0,059	0,662	0,529	0,064	0,656	0,530	0,062	0,662	0,544
25,3...	0,038	0,719	0,613	0,034	0,723	0,609	0,039	0,719	0,620	0,036	0,723	0,632
30,5...	0,021	0,781	0,693	0,022	0,784	0,686	0,029	0,781	0,704	0,022	0,784	0,716
37,3...	0,008	0,832	0,758	0,008	0,832	0,753	0,008	0,832	0,772	0,008	0,832	0,788
46,2...	0,003	0,861	0,801	0,003	0,863	0,798	0,003	0,861	0,817	0,003	0,863	0,836
55,0...	0	0,876	0,814	0	0,875	0,814	0	0,876	0,830	0	0,875	0,853
64,0...	0	0,879	0,817	0	0,878	0,817	0	0,879	0,833	0	0,878	0,857
72,6...	0	0,880	0,818	0	0,880	0,819	0	0,880	0,834	0	0,880	0,859
80,9...	0	0,878	0,818	0	0,876	0,818	0	0,878	0,834	0	0,876	0,858

Les valeurs de T_0 , R_{0m} , T_{45} , R_{45m} , R_{45v} sont les moyennes de 5 mesures indépendantes. Dans chaque cas l'erreur probable a été calculée; elle a été presque toujours inférieure à 0,1 %, sauf pour les très petites valeurs des facteurs optiques, notamment de T et de R_v , où elle atteignait 2 à 3 %.

On voit que l'incidence a peu d'influence sur les facteurs de réflexion, entre 0 et 45°; cependant le facteur de réflexion de la couche métallique seule du côté verre est nettement plus grand sous l'incidence 45° que sous l'incidence normale, dès que l'épaisseur devient notable. Ce facteur devient très petit quand l'épaisseur diminue. On sait qu'il passe généralement par un minimum. Je ne suis pas descendu jusqu'à l'épaisseur correspondante, qui serait, d'après

mes mesures, d'environ $6^{\text{m}\mu},5$, avec un facteur de réflexion de 0,001 à 0,002.

Dans beaucoup d'applications, il est commode de connaître, en fonction de T_0 , R_{0m} et R_{0v} , ainsi que t_0 , r_{0m} et r_{0v} (ces derniers facteurs intervenant, par exemple, lorsqu'on colle une surface nue sur une surface aluminée). Le tableau suivant répond à ce besoin dans les limites de mes mesures. La dernière colonne donne le rendement lumineux du miroir, dont l'écart à l'unité représente les pertes par absorption véritable et diffusion.

T_0	R_{0m}	R_{0v}	t_0	r_{0m}	r_{0v}	$T_0 + R_{0m}$
0,5	0,17	0,05	0,53	0,15	0,005	0,67
0,45	0,20	0,06	0,49	0,18	0,02	0,65
0,4	0,23	0,07	0,40	0,22	0,04	0,63
0,35	0,25	0,09	0,35	0,24	0,05	0,60
0,3	0,29	0,12	0,30	0,28	0,08	0,59
0,25	0,34	0,16	0,27	0,32	0,12	0,59
0,2	0,40	0,22	0,21	0,39	0,19	0,60
0,15	0,48	0,31	0,16	0,47	0,30	0,63
0,1	0,57	0,42	0,11	0,57	0,40	0,67
0,05	0,69	0,58	0,05	0,69	0,58	0,74

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les photoélectrons des rayons γ de RaD.* Note de MM. **TSIEN SAN-TSIANG** et **CLAUDE MARTY**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement γ de RaD a été longtemps considéré comme constitué par une raie unique de 46,7 ekV (*A*). Des expériences récentes, faites par les méthodes d'absorption sélective ⁽¹⁾ et de diffraction cristalline ⁽²⁾, ont amené plusieurs auteurs à conclure à l'existence de trois raies faibles, d'énergie 43 (*B*), 37 (*C*) et 32 (*D*) ekV respectivement. Nous avons repris cette étude par un autre procédé pour, d'une part, confirmer l'existence de ces raies faibles et, d'autre part, déceler s'il existe encore des radiations non signalées.

Notre méthode consiste à étudier les trajectoires des photoélectrons éjectés par les rayonnements électromagnétiques de RaD dans le gaz contenu dans une chambre Wilson. A cet effet, nous avons utilisé l'appareil à pression variable, construit par F. Joliot ⁽³⁾, rempli d'argon à 18°-714^{mm}. La source de RaD, en équilibre avec ses dérivés, contenue dans une ampoule de verre aplatie, avait été extraite d'anciennes ampoules de radon par la méthode classique ⁽⁴⁾. Elle renferme environ 6 millicuries de RaD avec 4^{mg} de Pb(NO₃)₂. Le faisceau

⁽¹⁾ TSIEN SAN-TSIANG, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 503; 216, 1943, p. 765; E. AMALDI et F. RASSETTI, *Ricerca Sci.*, 10, 1939, p. 111.

⁽²⁾ M. FRILLEY, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 505; L. SALGUEIRO, *Portugaliae Physica*, 1, 1944, p. 67.

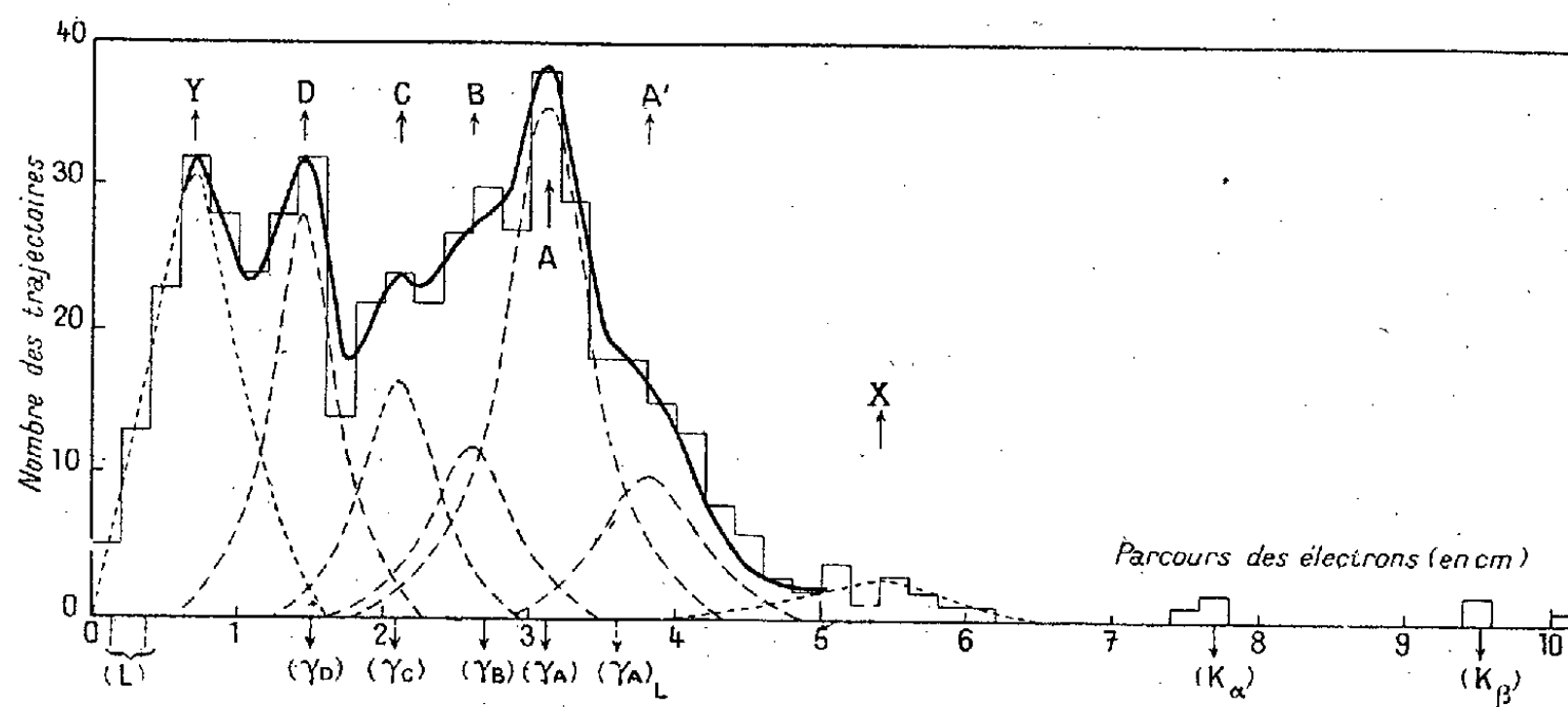
⁽³⁾ *Journ. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 216.

⁽⁴⁾ I. CURIE, *Journ. Chim. Phys.*, 22, 1925, p. 471.

canalisé des rayons γ est filtré par un écran de $2^{\text{mm}},15$ d'Al, qui absorbe les rayonnements β et une grande partie des rayons X du spectre L-83. Les photo-électrons produits sont photographiés au moyen d'un appareil stéréoscopique, afin de pouvoir reconstituer dans l'espace les trajectoires obtenues. En assimilant ces trajectoires à des lignes brisées, il est possible, avec un stéréocomparateur de Pulfrich, de mesurer la longueur du vrai parcours des électrons. Sur une centaine de paires de clichés, nous avons pu mesurer 515 trajectoires dont la distribution, en fonction du parcours, exprimé en équivalent d'air à 15° - 760^{mm} , est donnée ci-dessous.

En admettant que la fluctuation de parcours des électrons monocinétiques suit approximativement une loi de Gauss autour d'une valeur moyenne et que le rapport de la largeur d'une raie au parcours moyen varie de 25 à 40 % suivant l'énergie des électrons ^(*), nous pouvons décomposer la courbe de répartition en plusieurs groupes (en lignes brisées et pointillées).

D'après la relation entre le parcours et l'énergie des électrons ^(*), les



Distribution du nombre des photo-électrons en fonction de leur parcours.

Les flèches en trait plein sur l'abscisse indiquent les parcours des électrons extraits de la couche K de l'argon par les raies γ et X déjà signalées, déduits de la relation connue entre le parcours et l'énergie des électrons. $(\gamma_A)_L$ indique le parcours des électrons extraits de la couche L de l'argon par la raie principale A de 46,7 ekV.

groupes A, B, C, D correspondent, aux erreurs expérimentales près, aux électrons extraits de la couche K de l'argon par les quatre raies γ déjà signalées. Le groupe A' semble bien être dû principalement aux électrons extraits de la couche L par la raie γ de 46,7 ekV. Enfin quelques trajectoires vers 77^{mm} et 95^{mm} confirment nettement l'existence des raies K-83 dans le spectre naturel de RaD, révélées par les expériences de diffraction.

^(*) E. J. WILLIAM, *Proc. Roy. Soc.*, 135, 1932, p. 108; H. O. W. RICHARDSON et A. LEIGH-SMITH, *Proc. Roy. Soc.*, 160, 1937, p. 454.

^(*) TSIEN SAN-TSIANG, *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 327.

C. R., 1945, 1^{er} Semestre. (T. 220, N° 19.)

Plusieurs trajectoires vers 55^{mm} pourraient, au premier abord, être assimilées à l'extrémité de la fluctuation de parcours des groupes A et A', mais l'analyse plus précise, d'après la largeur connue de la courbe de répartition d'intensité d'une raie électronique monocinétique, montre qu'il serait possible de les considérer comme un groupe indépendant d'électrons (X), très peu intense, correspondant à une raie γ vers 60-65 ekV, non encore signalée.

Quant aux trajectoires de longueur inférieure à 10^{mm} , on pourrait les assembler en un groupe (Y). Mais le rapport de la largeur de ce dernier au parcours moyen est trop grand ($\sim 100\%$) pour qu'on puisse admettre qu'il s'agit d'une raie électronique simple. D'autre part on sait qu'une partie des trajectoires de longueur inférieure à 4^{mm} est due aux photoélectrons des raies du spectre L-83, émis par RaD, après la filtration à travers l'écran d'Al. Donc il semble bien que le groupe Y soit constitué par l'ensemble de plusieurs raies électroniques dont les énergies sont inférieures à 25 ekV. D'autres expériences seront nécessaires pour élucider cette question.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Caractères optiques de quelques alliages d'aluminium.*

Note (1) de M. JACQUES FARRAN, présentée par M. Charles Mauguin.

Les constituants des alliages métalliques sont susceptibles, comme les minéraux opaques, de déterminations optiques à l'aide du microscope polarisant par réflexion (2).

Dans la plupart des cas les caractères observés sont assez nets pour permettre une identification ultérieure des phases étudiées et les indications qu'ils apportent sur la symétrie peuvent faciliter les études de structures.

Nous résumons ici les résultats de nos observations sur quelques alliages d'aluminium, dont certains présentent des anisotropies optiques tout à fait remarquables.

Alliages aluminium-baryum à 10 % Ba. (Deux phases, aluminium et $\text{Al}^{\text{I}}\text{Ba}$). — $\text{Al}^{\text{I}}\text{Ba}$ est quadratique (3), son anisotropie optique varie dans le même sens que la longueur d'onde (croissante) et provoque des rotations maxima de 1° , teintes de dispersion jaune sombre et gris très clair. Le cristal est optiquement positif, son pouvoir réflecteur R_c suivant l'axe quaternaire est plus grand que le pouvoir réflecteur R_0 dans le plan p .

Alliages aluminium-titane à 12 % Ti (Deux phases, aluminium et $\text{Al}^{\text{I}}\text{Ti}$). — $\text{Al}^{\text{I}}\text{Ti}$ est quadratique (4), anisotropie croissante, rotation maximum $0^{\circ},5$, teintes de dispersion jaune brun et gris bleu. Le cristal est uniaxe positif $R_c > R_0$.

Alliages aluminium-cobalt à 10 % Co. (Deux phases, aluminium et $\text{Al}^{\text{I}}\text{Co}$). — Aucun résultat connu sur la structure de $\text{Al}^{\text{I}}\text{Co}$, anisotropie croissante; rotation maximum $0^{\circ},5$; teintes de dispersion jaune clair et gris bleuté. Le cristal est uniaxe négatif $R_0 > R_c$.

(1) Séance du 12 mars 1945.

(2) L. CAPDECOMME et J. ORCEL, *Revue d'Optique*, 20, 1941, pp. 47-114.

(3) ANDRES et ALBERTI, *Z. Metallkunde*, 27, 1935, pp. 126-128.

(4) FINK, VON HORN et BUDGE, *J. Inst. Met.*, 49, 1931, pp. 421-439.

Alliages aluminium-nickel à 15 % Ni (Deux phases, aluminium et Al^3Ni). — Al^3Ni est orthorhombique ⁽⁵⁾, anisotropie croissante sur toutes les faces, rotations maxima $0^{\circ},5$ sur p et 1° environ sur h^1 et g^1 , teintes de dispersion orangé et vert sur p , jaune et bleu sur h^1 et g^1 . Répartition des pouvoirs réflecteurs principaux $R_a = R_g$, $R_b = R_m$, $R_c = R_p$.

Alliages aluminium-fer à 20 % de fer. (Deux phases, aluminium et Al^3Fe). — Al^3Fe est orthorhombique ⁽⁶⁾, anisotropie croissante sur h^1 et décroissante sur p et g^1 , rotations maxima $1^{\circ},5$ sur p et 1° sur h^1 et g^1 ; teinte de dispersion jaune, brun et gris bleuté sur p , jaune et gris clair sur h^1 , jaune et gris sombre sur g^1 . Répartition des pouvoirs réflecteurs principaux $R_a = R_p$, $R_b = R_g$, $R_c = R_m$.

Alliages aluminium-manganèse à 14 % Mn. — Ici un premier composé C a cristallisé à haute température. Par refroidissement C a réagi sur l'aluminium pour donner un second composé B. Enfin, à 670° , B réagit à son tour sur l'aluminium pour donner un troisième constituant A.

C paraît optiquement isotrope, donc cubique.

B, qui serait Al^3Mn ou Al^6Mn suivant les auteurs, présente une anisotropie décroissante; rotation maximum $0^{\circ},5$, teintes de dispersion jaune rouge et bleu violacé; les cristaux sont uniaxes positifs $R_c > R_0$.

A (Al^3Mn ou Al^6Mn) paraît être orthorhombique par les formes géométriques et les extinctions droites; anisotropie toujours croissante, rotations maxima 2° , teintes de dispersion jaune clair et gris bleuté. Répartition des pouvoirs réflecteurs principaux $R_a = R_p$, $R_b = R_m$, $R_c = R_g$.

Alliages aluminium-cuivre à 10 et 45 % de cuivre (Deux phases, aluminium et CuAl^2). — CuAl^2 est quadratique ⁽⁷⁾, anisotropie croissante, rotation maximum $1^{\circ},5$ pour le milieu du spectre visible, 2° pour le rouge; dispersion très forte, teinte orangée et bleu très vive. Le cristal est uniaxe positif $R_c > R_0$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le graphite spectrographiquement pur*. Note de MM. FÉLIX TROMBE, MARC FOËX et JACQUE BARDET, présentée par M. Paul Lebeau.

Les méthodes chimiques, ainsi que de nombreuses méthodes thermiques, permettent d'éliminer du graphite la plus grande partie de ses impuretés. Lebeau et Picon ⁽¹⁾, en 1924, obtiennent les premiers une purification élevée par chauffage dans le vide à 2000°C . La teneur en cendres du graphite, initialement de 0,2 %, est abaissée à 0,005 %. Russanow ⁽²⁾, puis récemment Gatterer ⁽³⁾ font passer pendant un temps très court un courant d'intensité très élevée dans des baguettes de graphite; l'opération a lieu dans l'air. Les

⁽⁵⁾ BRADLEY et TAYLOR, *Phil. Mag.*, (7), 23, 1936, p. 1049.

⁽⁶⁾ E. BACHMETEW, *Zeits. Krist.*, A, 89, 1934, pp. 575-586.

⁽⁷⁾ BRADLEY et JONES, *J. Inst. Met.*, 49, 1933, pp. 131-162.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 264.

⁽²⁾ *Z. anorg. allg. Chem.*, 219, 1934, p. 332.

⁽³⁾ *Spectrochemica Acta*, 2, 1941, p. 2.

purifications obtenues sont remarquables. Seules de faibles raies du calcium, du magnésium et du bore sont encore visibles au spectrographe.

La méthode que nous avons employée, réalisée indépendamment des essais de Russanow et de Gatterer, consiste aussi à traiter une baguette de graphite par passage direct d'un courant de grande intensité.

Dans notre dispositif, la baguette, liée rigidement dans sa partie supérieure à une mâchoire de fer refroidie, plonge dans un bain d'étain fondu. Elle peut ainsi, entre ces deux électrodes, se dilater librement et supporter, sans rupture, de très fortes densités de courant. Certains essais (*voir le tableau*) ont été effectués à l'air libre; d'autres dans l'azote ou dans l'air confiné. Avec des baguettes de 8^{mm} de diamètre et de 300^{mm} de longueur (graphite Acheson à grande conductibilité) la montée de température à 2650° C. est très rapide (quelques secondes). Les essais de purification par chauffage direct vers 2000° C. réduisent les cendres de 0,25 à moins de 0,005 %. Pour des températures de traitement encore supérieures, la méthode spectrographique seule permet une détermination et une estimation quantitative des impuretés.

Nous avons pu établir, par des expériences systématiques, *que le renouvellement rapide de l'atmosphère sur la surface de la baguette est une condition essentielle de purification*. Le gradient de température, réalisé dans l'épaisseur du graphite par le passage du courant, intervient également beaucoup pour l'élimination des impuretés ultimes. Rappelons, à l'appui de nos observations, qu'un chauffage, même prolongé, à 3000° C., dans un four à tube de carbone ne comportant ni gradient de température ni entraînement des impuretés par courant gazeux, ne donne qu'une purification très imparfaite du graphite (essais 2 et 3). L'emploi d'une cloche fermée à paroi froide et à thermocirculation de gaz inerte nous a permis de prolonger l'action du courant pendant 1 heure. L'altération de la surface du graphite est, dans ces conditions, insensible.

D'après nos essais les éléments s'éliminent dans l'ordre suivant en fonction de la température : fer, manganèse, cuivre, aluminium, calcium, vanadium, titane, silicium, magnésium et bore. Ces deux derniers éléments sont presque invisibles spectrographiquement dans le graphite traité 1 heure à 2650° C. (essai 14). Le magnésium disparaît même complètement dans le traitement de certaines baguettes de diamètre supérieur à 8^{mm}.

La pureté des graphites obtenue dans les meilleures conditions paraît beaucoup plus grande que celle des charbons utilisés ordinairement en spectrographie et spécialement traités pour cet usage. Le poids total des impuretés doit être inférieur à $2 \cdot 10^{-6}$ du poids du graphite.

Essai.	Mode de chauffage.	Atmosphère.	Durée du traitement.	Tempé- rature.
1.....	graphite non traité	—	—	—
2.....	four à tube de carbone	air confiné	10 minutes	2200°C.
3.....	»	»	10 »	2750°
4.....	passage direct du courant	air	5 »	1470°
5.....	»	»	5 »	2030°
6.....	»	»	5 »	2270°
7.....	»	hydrogène	5 »	2270°
8.....	»	air	1 »	2650°
9.....	»	hydrogène	1 »	2650°
10.....	» (*)	air	5 »	2630°
11.....	»	»	5 »	2650°
12.....	»	azote	5 »	2650°
13.....	»	air non renouvelé	20 »	2650°
14.....	»	»	60 »	2650°

(*) Après essai 3.

Détermination spectrographique des impuretés.

Essai.	Fe.	Al.	Ca.	Mg.	Cu.	Ti.	V.	Mn.	B.	Si.
1.....	++++	++	++++	++++	+++	++	++	++	++	++++
2.....	+	→0	++	+++	+	→0	→0	++	++	+++
3.....	+	0	+	+++	+	→0	→0	++	++	+++
4.....	0	+	+	+	→0	+	+	0	+	+++
5.....	0	0	0	+	0	+	+	0	+	++
6.....	0	0	0	+	0	+	0	0	+	+
7.....	→0	0	0	→0	0	+	+	0	+	+
8.....	0	0	0	+	0	→0	0	0	+	+
9.....	0	0	0	→0	0	→0	0	0	→0	0
10.....	0	0	→0	++	0	0	0	0	+	→0
11.....	0	0	0	+	0	0	0	0	+	→0
12.....	0	0	0	→0	0	0	0	0	→0	0
13.....	0	0	0	→0	0	0	0	0	→0	0
14.....	0	0	0	→0←	0	0	0	0	→0←	0

++++ raies fortes; +++ raies moyennes; ++ raies faibles; + raies très faibles; →0 raies extrêmement faibles; →0← limite de sensibilité spectrographique; 0 pas de raie décelable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la précipitation d'hydroxydes, d'hydrates d'oxydes et de sels basiques.* Note de M. ALAIN BERTON, présentée par M. Paul Lebeau.

Pour étudier la précipitation, par la soude, de solutions d'un certain nombre de sels de magnésium, de zinc, de cadmium, de plomb, de bismuth et d'uranium, nous avons utilisé jusqu'ici la conductimétrie et l'analyse thermique, méthodes auxquelles nous avons adjoint les spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet.

Nous ne décrivons pas la première méthode qui est bien connue.

Pour la seconde, nous nous bornerons à indiquer que les dégagements de

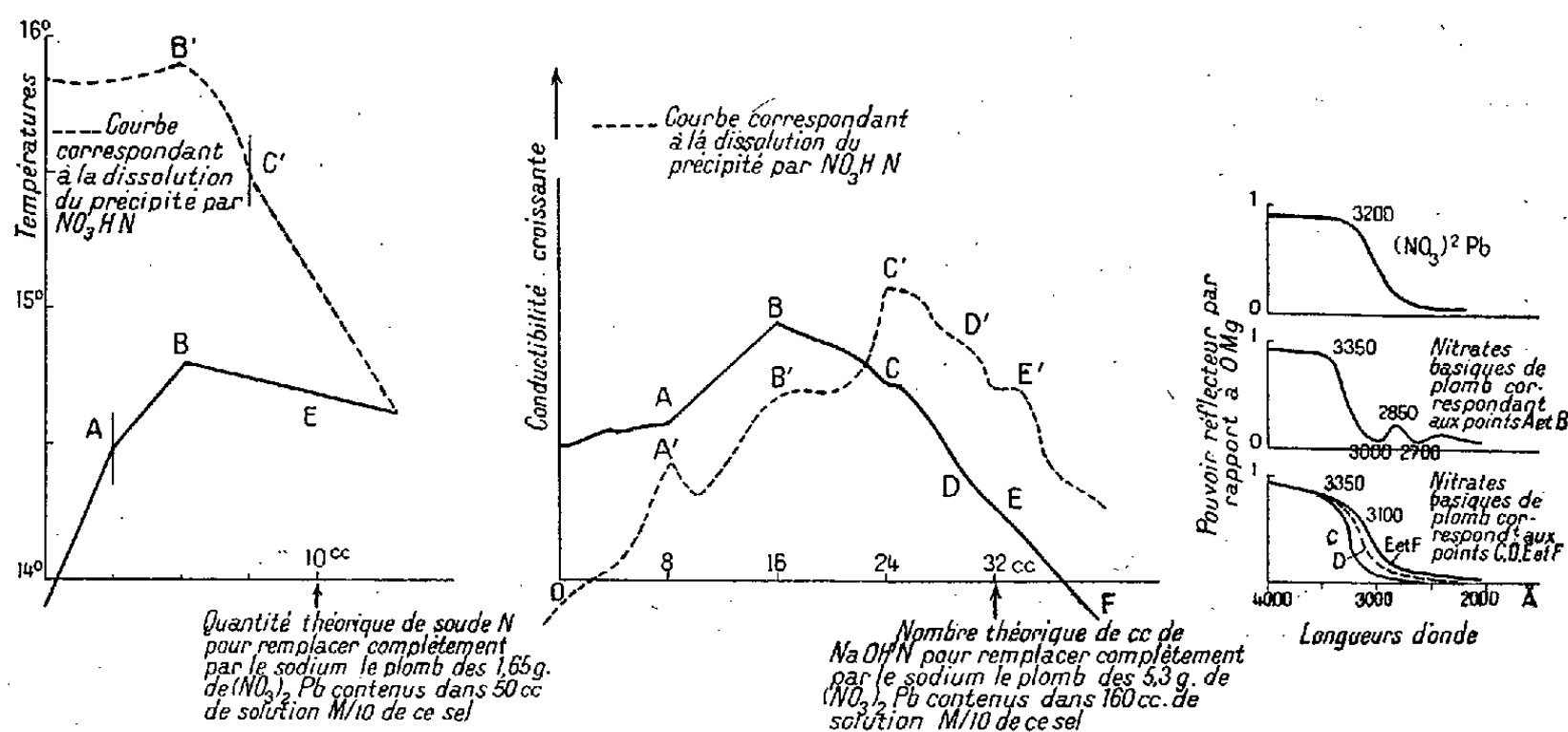
chaleur, observés au cours de la précipitation progressive des solutions salines, ont été mesurés à l'aide d'un thermomètre à mercure au 1/100 de degré ou à l'aide d'un thermomètre à vapeur saturante d'éther de notre construction.

La solution du sel se trouvait dans un vase thermostat de Dewar et la burette, contenant la liqueur de soude, était protégée par des parois transparentes contre les brusques variations de température extérieure.

Quant aux spectres d'absorption par réflexion, dans l'ultraviolet, appliqués à l'examen de substances fraîchement précipitées, nous en avons décrit précédemment la technique (¹).

Grâce à ces trois méthodes, nous avons pu obtenir des précisions sur la composition des différents produits qui se forment lors de la précipitation progressive, par la soude, des solutions salines indiquées précédemment. A titre d'exemple, nous rapporterons les résultats obtenus pour les solutions M/10 de nitrate de plomb traitées par des liqueurs de soude normale. Pour ce sel, l'équilibre s'établit rapidement (quelques secondes).

Les courbes, indiquant la conductibilité des solutions en fonction des quantités de soude ajoutée, présentent toutes trois points remarquables A, B, C, très nets, dont les abscisses correspondent respectivement à 1/4, 1/2 et 3/4 de



la quantité théorique de soude nécessaire pour remplacer le plomb de la solution saline par le sodium. Ces points indiquent la formation de composés de formule



A notre connaissance l'existence du premier n'a jamais été annoncée. Un

(¹) A. BERTON, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 181.

(²) OGATA et KAINEN, *J. Pharm. Soc. Japan.*, 492, 1923, p. 75.

(³) BRITTON, *J. Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 2152.

examen ultérieur de sa structure cristalline, par la méthode des spectres de diffraction de rayons X, sera nécessaire.

L'analyse thermique présente aussi un point remarquable pour la composition $3(\text{NO}^3)^2\text{Pb} \cdot (\text{HO})^2\text{Pb}$. On doit en outre noter que l'allure de la courbe varie relativement peu quand on passe du domaine d'existence de ce composé à celui du deuxième type. Ce fait laisse présumer, pour ces deux sels, une constitution très voisine, point de vue qui se trouve, d'autre part, confirmé par la similitude de leurs spectres d'absorption par réflexion.

Nous devons signaler, sur la courbe des conductibilités, un quatrième point remarquable, D, qui se retrouve en D' pour la courbe se rapportant à l'action de l'acide nitrique sur le précipité final. Ce point correspondrait à un sel très basique



Quant à l'hydroxyde de plomb, aucun point caractéristique ne semble en révéler la formation, sauf peut-être E. On sait d'ailleurs qu'il est très difficile d'obtenir ce composé pur et exempt de sels basiques.

Spectres d'absorption par réflexion. — Le nitrate de plomb, solide, présente une bande d'absorption continue dans l'ultraviolet. Sa limite vers les grandes longueurs d'onde se trouve à 3200 Å. Les précipités correspondant aux points A et B se caractérisent par un spectre différent (limite 3350 Å; maxima peu intenses à 3000 et 2700 Å; minimum peu accusé à 2850 Å).

Par addition progressive de soude, ces bandes disparaissent pour laisser place à un spectre à bande continue présentant deux coudes à 3350 et 3100 Å environ.

En résumé, nous avons montré que l'étude de la précipitation, par des liqueurs alcalines, de solutions aqueuses de sels métalliques nécessite la mise en œuvre de différentes méthodes d'investigation, tant chimiques que physiques.

Dans l'exemple choisi de la précipitation, par la soude, de solutions de nitrate de plomb, il y a eu confirmation de l'existence de sels basiques déjà connus et nous avons, en outre, fourni la preuve de la formation d'un sel du type $3(\text{NO}^3)^2\text{Pb} \cdot (\text{HO})^2\text{Pb}$, non signalé jusqu'à ce jour.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La constitution du pseudorubrène.* Note de MM. CHARLES DUFRAISSE et GASTON AMIARD, présentée par M. Marcel Delépine.

Le pseudorubrène est un hydrocarbure résultant de l'isomérisation du rubrène [tétraphénylnaphtacène (I)], par les acides forts (1). Cette transfor-

(1) CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et G. BERCHET, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1085; CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et L. ENDERLIN, *ibid.*, 188, 1929, p. 673.

mation singulière est spécifique des naphtacènes tétraarylés en méso ⁽²⁾; elle n'a lieu, ni avec le naphtacène, ni avec ses dérivés di- ou triphénylés ⁽³⁾. Elle n'appartient pas non plus aux mésoarylanthracènes.

Le pseudorubrène est incolore et n'est pas fluorescent, ce qui le rattache aux dérivés du dihydronaphtacène. Il ne régénère pas le rubrène, mais, chauffé brutalement, il donne à son tour une transformation anormale, se manifestant par des vapeurs violet intense.

Pour expliquer tous ces faits, on avait supposé ⁽⁴⁾ que l'isomérisation du rubrène était due au rabattement d'un de ses phényles sur un autre des méso-sommets; il en résultait une cyclisation supplémentaire par le sommet *ortho* du phényle, dont le proton allait se loger en vis-à-vis, en *antio* ⁽⁵⁾, donnant ainsi un dérivé du dihydronaphtacène. La formule envisagée tout d'abord, (III), avait l'avantage d'expliquer d'une manière toute naturelle la production d'un corps violet; il suffit, en effet, de lui enlever une molécule de benzène C^6H^5-H , pour passer à la formule (IV), qui est justement celle d'un hydrocarbure violet ⁽⁶⁾.

Cependant un doute était survenu, qui avait empêché jusqu'ici de conclure en faveur de la formule (III) : on n'était pas parvenu à extraire le corps violet, pourtant peu soluble, ni même à amorcer par des germes sa cristallisation dans les résines de la pyrolyse, malgré leur intense coloration, signe d'une teneur élevée en corps coloré. On avait ainsi l'impression que le corps violet formé par pyrolyse du pseudorubrène était peut-être différent de l'hydrocarbure (IV). Comme la formule (III) ne suggérait pas de transformation simple en une structure hautement chromophore qui fût autre que (IV), il avait été proposé ⁽⁴⁾ une autre formule, qui n'a pas à être discutée présentement.

En somme, la constitution à choisir dépendait essentiellement de la nature du corps violet; il était donc nécessaire d'isoler ce composé.

Nous y sommes parvenus en nous aidant des procédés de la chromatographie, après avoir amélioré la pyrolyse par adjonction d'un oxydant doux, la litharge. Le corps violet a été retiré et caractérisé par ses constantes et son spectre d'absorption (voir la figure). En outre, on a constaté la présence, insoupçonnée auparavant, d'une substance incolore, le déhydrorubrène ⁽⁷⁾, (II), dont la formation est aussi probante que celle du corps violet, (IV), à l'égard de la formule (III), proposée pour le corps générateur. Le déhydroru-

⁽²⁾ L. ENDERLIN, *ibid.*, 193, 1931, p. 1432; 202, 1936, p. 495.

⁽³⁾ CH. DUFRAISSE et R. HORCLOIS, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 3, 1936, p. 1882.

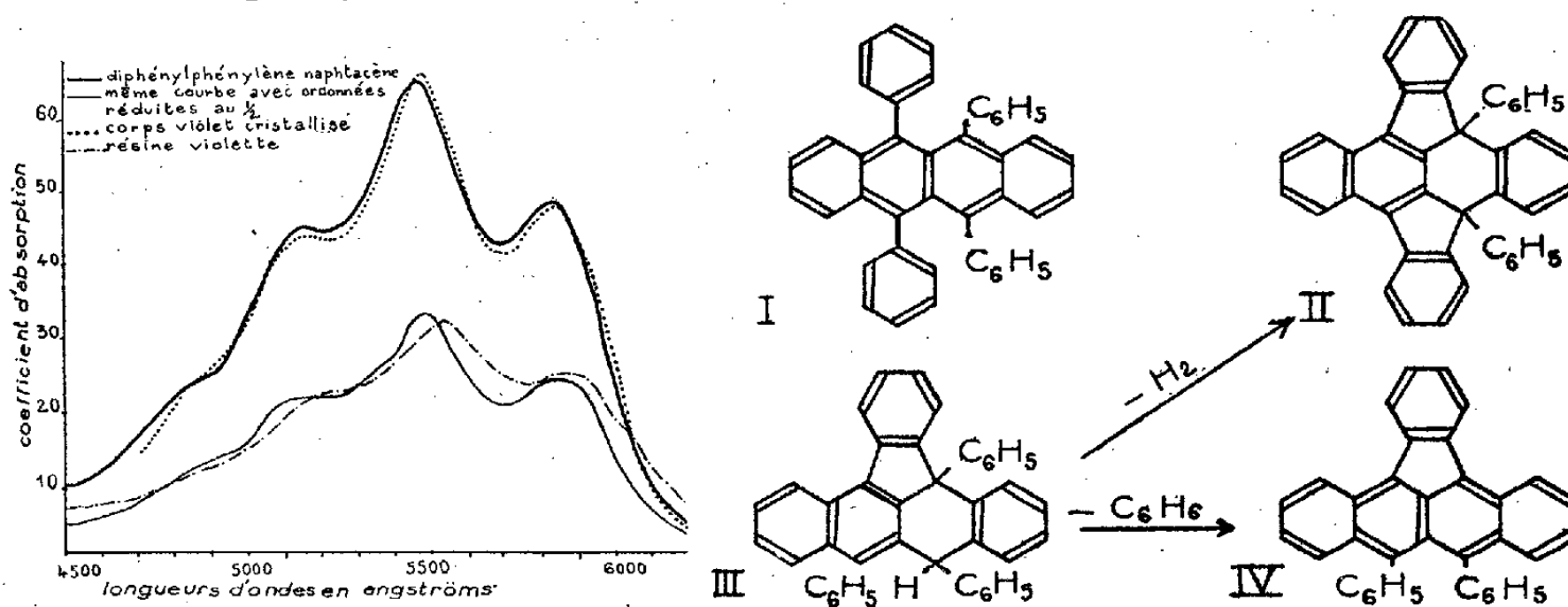
⁽⁴⁾ CH. DUFRAISSE, *ibid.*, 5^e série, 3, 1936, p. 1855.

⁽⁵⁾ Pour cette nomenclature, voir CH. DUFRAISSE et J. HOUPIILLART, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 756.

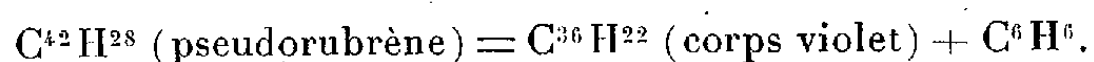
⁽⁶⁾ CH. DUFRAISSE et M. BADOCHÉ, *ibid.*, 193, 1931, p. 529.

⁽⁷⁾ CH. DUFRAISSE, *ibid.*, p. 1865.

brène, (II), dérive, en effet, de la structure (III), par le basculage d'un deuxième phényle avec départ de deux atomes d'hydrogène.



On a complété la démonstration en recherchant le sort du phényle éliminé dans le passage au corps violet. On l'a retrouvé en majeure partie sous forme de benzène, en conformité avec l'équation stœchiométrique



Une petite fraction, cependant, forme du diphényle, caractérisé par l'épreuve du mélange.

Restait enfin à connaître la raison pour laquelle un corps, aussi peu soluble que le corps violet dans les solvants organiques, s'était montré aussi récalcitrant à la cristallisation. Ce n'est pas une insuffisance de concentration dans le produit de la pyrolyse, puisque les dosages spectrophotométriques annoncent des rendements de l'ordre de 50 %. Vraisemblablement, le corps violet est maintenu en solution par une matière incolore, qui, la couleur mise à part, lui ressemble beaucoup par ses caractères de solubilité, de volatilité et d'adsorbabilité; elle retient son poids de corps coloré et le mélange ne se résout pas dans une nouvelle chromatographie. Toutefois la présence éventuelle de composés violets, autres que l'hydrocarbure (IV), n'est pas absolument à écarter, en particulier à cause d'une différence, faible certes, mais nette, entre les adsorbabilités du produit cristallisé et de la résine violette. Ces corps ne pourraient d'ailleurs qu'avoir une structure étroitement apparentée à celle de (IV), comme il ressort de la ressemblance des spectres d'absorption (voir la figure).

Au reste, quelle que soit la composition de la résine violette, la production simultanée des composés (II) et (IV) apporte, à l'appui de la structure (III) pour le pseudorubrène, deux arguments, dont chacun suffirait isolément, mais qui s'épaulent mutuellement par leur concordance.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les cellules végétales fixées par le formol conservent certaines propriétés physiologiques.* Note de M. **MARC MEITÈS**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons montré ⁽¹⁾ que l'imbibition aqueuse d'une part, la délipidation par le benzène d'autre part, provoquent une *perméabilisation* des cellules végétales (*Lupinus albus* L., *Elodea canadensis* Rich.) à l'égard des substances hydrosolubles. Les expériences suivantes démontrent que cette perméabilisation se manifeste, de manière comparable, sur les cellules vivantes et sur les cellules fixées par le formol.

A. POUVOIR PERMÉABILISANT DU MILIEU AQUEUX. — *a. Première série d'expériences* (imbibition aqueuse *préformolée*). — Les modalités de la fixation mitochondriale de Regaud (méthode IV A), effectuée sur des extrémités radiculaires de *Lupinus albus*, dépendent pour une part des conditions de la germination. Par exemple, si la culture a été effectuée sur milieu liquide, la postchromisation nécessite une durée de 12 jours à la température de 20°; si les racines se sont développées à l'air, la durée de postchromisation sera plus longue (16 à 20 jours). En d'autres termes, la perméabilité, vis-à-vis du bichromate de potassium, est augmentée lorsqu'une imbibition aqueuse a précédé la fixation.

b. Deuxième série d'expériences (imbibition aqueuse *postformolée*). — Des méristèmes radiculaires de *Lupinus albus*, ayant germé pendant 5 jours sur milieu aérien constitué par de la sciure de bois humide, sont fixés pendant 6 jours dans une solution de formol à 20 % neutralisée; puis les pièces sont divisées en deux lots : le premier lot séjournera dans l'eau distillée pendant 24 heures, le deuxième, pendant 72 heures; enfin chaque lot sera postchromé selon la technique de Dietrich-Parat. En somme nous avons modifié la technique mitochondriale habituelle en intercalant un bain d'eau, de durée variable, entre le bain de formol et celui de bichromate. Or le bain d'eau intercalaire a pour effet de perméabiliser les cellules à l'égard du bichromate de potassium :

Lot n°...	I.	II.
Durée du bain d'eau intercalaire	24 h.	72 h.
» <i>optima</i> de postchromisation (à 40°).....	72 »	24 »

On peut donc, dans certaines limites, abréger la durée du séjour dans le bain de bichromate, si l'on prolonge d'autant le bain d'eau postformolé.

B. POUVOIR PERMÉABILISANT DU BENZÈNE. — *a. Première série d'expériences* (perméabilité des cellules *vivantes*). — Nous nous sommes inspiré de la technique classique de N. Harvey. Des boutures d'*Elodea canadensis*, préalablement colorées dans une solution de rouge neutre à 1/50 000, sont divisées en deux lots :

(1) M. MEITÈS, *Thèse Doct. ès Sciences*, Montpellier, 1944.

le premier lot est introduit, pour une durée d'une heure, dans une dilution au quart d'eau benzinée saturée (dose non toxique); le deuxième lot (témoin) séjourne parallèlement dans l'eau pure. Les pièces benzinées et, d'autre part, les témoins, sont ensuite introduits dans des vases de Bohême contenant une solution de NaOH à 1 ‰, et l'on mesure le temps nécessaire pour obtenir le virage total du rouge neutre dans le pôle distal des feuilles adultes (1). Voici la moyenne des résultats obtenus :

	Virage en
Pièces benzinées.....	15 minutes
Témoins.....	27 »

Le passage accéléré de l'alcali dans les pièces benzinées constitue un test de perméabilisation de la membrane plasmatique.

b. Deuxième série d'expériences (perméabilité des cellules *formolées*). — Nous avons précédemment (2) montré que le traitement, par l'eau benzinée à diverses concentrations, des méristèmes radiculaires d'*Allium sativum* et de *Lupinus albus*, réduit fréquemment, d'un tiers en moyenne, la durée *optima* de postchromisation (procédé IV A de Regaud) du chondriome. En d'autres termes la perméabilité, vis-à-vis du bichromate de potassium, des cellules fixées par le formol est augmentée, lorsque celles-ci ont auparavant subi l'action du benzène.

Conclusion. — Nous voyons que les cellules formolées ont, en maintes circonstances, fonctionné dans le même sens que les cellules vivantes; la perméabilité cellulaire paraît, de ce fait, relever de facteurs physicochimiques simples. La persistance de certaines propriétés physiologiques dans les cellules végétales fixées par le formol, ce dernier ayant pour point d'attaque la fraction protidique des complexes protoplasmiques, peut être comparée au comportement immunologique (persistance du pouvoir antigène) de diverses substances traitées par le formol, anatoxines, anavenins et anaferments de G. Ramon (3). D'autres faits viennent prouver que les édifices moléculaires protidiques ne subissent, de la part du formol, qu'une atteinte légère. S'il est vrai, en effet, que le formol dénature sensiblement les protéides (variation du pouvoir rotatoire, apparition de fluorescence en lumière de Wood) et forme parfois des combinaisons irréversibles, on sait aussi que son action peut s'exercer réversiblement sur le sérum (4), sur les aminoacides (*reversible bound-formaldehyde* des auteurs américains) (5) et sur les ferments du type invertine ou émulsine (6).

(2) *Bull. Soc. bot. de Fr.*, 88, 1941, pp. 410-413; 89, 1942, pp. 79-87; *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, pp. 225-226.

(3) *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 562-566; 218, 1944, pp. 253-256 et 895-899.

(4) D. DERVICHIAN et C. MAGNAN, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 25, 1943, p. 192-194.

(5) M^{lle} C.-T. BAUDOUY, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 24, 1942, pp. 251-255.

(6) M. MASCRÉ et R. PARIS, *Comptes rendus*, 196, 1933, pp. 438-440.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude biométrique de Puccinia graminis Persoon (Rouille noire des Graminées).* Note de M. **LUCIEN GUYOT**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude biométrique comparée des urédo- et téléutospores de l'espèce *Puccinia graminis* Persoon, sur l'ensemble de ses hôtes naturels spontanément infectés, révèle des divergences appréciables de structure morphologique, qui paraissent assez bien définies dans le cadre de chaque genre hôte étudié séparément; en nous basant sur l'examen de 262 échantillons de Rouille noire, en provenance des régions les plus diverses de l'Ancien Monde, et sur l'analyse biométrique (effectuée en partie par nous-mêmes, en partie par notre collaborateur A. Saccas) de près de 10 000 spores, il nous a été permis de reconnaître l'existence de plusieurs types morphologiques, suffisamment définis et stables dans leurs caractéristiques essentielles pour pouvoir être considérés comme de bonnes sous-espèces ou variétés morphologiques ⁽¹⁾ :

Subsp. *minor* nobis :

	Moy.	R.
U 21-28 (18-32) × 14-18 (13-20)	22-25 × 15-17 μ	1,34 à 1,6
T 29-48 (28-53) × 17-23 (17-23)	30-45 × 18-21	1,74 à 2,33

Hôtes, *Anthoxanthum*, *Cynosurus*.

Subsp. *media* nobis :

U 20-31 (15-34) × 13-19 (11-22)	22-30 × 15-19	1,35 à 1,76
T 29-56 (24-72) × 14-25 (14-28)	31-51 × 16-22	1,78 à 2,55

Hôtes, *Agrostis*, *Aira*, *Alopecurus*, *Arrhenatherum*, *Calamagrostis*, *Dactylis*, *Festuca*, *Hordeum* (espèces spontanées), *Lolium*, *Phleum*, *Poa*, *Vulpia*.

— var. *Erikssoni* nobis :

U 21-31 (18-34) × 14-19 (12-21)	23-30 × 15-18	1,43 à 1,76
T 34-56 (29-67) × 14-25 (14-28)	37-50 × 16-22	1,93 à 2,46

Hôtes, *Agrostis*, *Aira*, *Alopecurus*, *Arrhenatherum*, *Dactylis*, *Festuca*, *Hordeum* (espèces spontanées).

Au sein de cette variété des variations morphologiques accessoires peuvent être notées; les urédospores sur *Agrostis* (*Apera*) *spica-venti* sont plus grandes que celles sur *Agrostis alba* ou *vulgaris*, pareillement celles sur *Hordeum leporinum* ou *murinum* comparées à celles sur *Hordeum maritimum*.

⁽¹⁾ Pour chaque type morphologique reconnu, nous donnons tant pour les urédospores (U) que pour les téléutospores (T), les dimensions (longueur et largeur), exprimées en valeurs de fréquence, valeurs extrêmes et valeurs moyennes, et la valeur du rapport longueur/largeur ($L/l = (R)$).

— var. *Calamagrostidis* nobis :

	Moy.	R.
U 23-28(23-31) × 15-17(15-18)	23,8 × 16,4	1,57
T 40-56(32-72) × 17-23(15-25)	46-51 × 19-21	2,28 à 2,55

Hôte, *Calamagrostis*.

— var. *Lolii* nobis :

U 20-30(15-34) × 13-19(11-22)	22-27 × 15-18	1,37 à 1,72
T 29-49(24-59) × 16-23(14-28)	31-44 × 17-21	1,78 à 2,5

Hôte, *Lolium*.

Urédospores et probasides plus courtes que chez la var. *Erikssoni*.

— *vulpiæ* nobis :

U 21-29(19-30) × 14-18(13-21)	23-26 × 15-18	1,38 à 1,47
T 43-51(33-59) × 20-23(17-23)	47,5 × 20,7	2,29

Hôte, *Vulpia*.

Urédospores médiocrement allongées et à contour largement ellipsoïde.

Subsp. *major* nobis :

U 23-39(20-45) × 14-21(13-23)	24-36 × 15-20	1,3 à 2,1
T 33-62(25-81) × 15-25(12-28)	42-60 × 16-23	2,1 à 3,1

Hôtes, *Aegilops*, *Agropyrum*, *Avena*, *Bromus*, *Elymus*, *Hordeum* (espèces cultivées), *Secale*, *Triticum*.

— var. *Stakmani* nobis :

U 23-36(20-39) × 14-21(13-23)	24-31 × 15-20	1,5 à 1,9
T 33-59(25-74) × 16-25(13-28)	42-57 × 16-23	2,1 à 3,1

Hôtes, *Agropyrum*, *Avena*, *Bromus*, *Hordeum* (espèces cultivées), *Secale*.

— var. *Tritici* nobis :

U 26-36(20-45) × 16-21(13-22)	28-35 × 17-20	1,6 à 2
T 38-61(33-72) × 15-23(12-26)	45-58 × 17-22	2,3 à 3

Hôtes : *Aegilops*, *Triticum*.

Urédospores plus longues que chez la variété précédente.

— var. *Elymi* nobis :

U 25-39(23-41) × 15-19(14-20)	29-36 × 17-19	1,7 à 2,1
T 48-62(35-81) × 17-25(14-28)	54-60 × 18-23	2,5 à 3

Hôte, *Elymus*.

Probasides exceptionnellement grandes.

PHYSIOLOGIE. — *Libération de médiateur chimique sympathique par action électrique sur les centres médullaires et les ganglions.* Note de M^{me} BERTHE CHAUCHARD et M. PAUL CHAUCHARD, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons montré que le passage d'un courant électrique constant (galvanisation) dans la moelle ne provoque pas seulement des variations d'excitabilité sur les nerfs, mais aussi, et uniquement dans le domaine sympathique, au niveau des effecteurs périphériques viscéraux (¹). Le même phénomène se retrouve lors des actions polaires localisées sur un ganglion sympathique siège des neurones ganglionnaires innervant l'organe.

Nous avons, pour expliquer ce fait, envisagé des changements dans le taux de la substance chimique médiatrice de l'action du nerf sur l'effecteur (adrénaline dans le cas du sympathique). Dans de nouvelles expériences, nous avons pu vérifier le bien-fondé de cette hypothèse.

Nous avons opéré sur les fibres du sympathique cervical du Lapin (fibres vasoconstrictrices de l'oreille). Du sang était prélevé dans la veine marginale de l'oreille avant et pendant passage d'un courant constant, ascendant ou descendant, dans la région cervico-dorsale de la moelle, lieu d'origine des fibres préganglionnaires en question (même technique de galvanisation que précédemment; on évite l'excitation de fermeture et d'ouverture du courant en l'établissant ou le supprimant progressivement). On instillait de suite ce sang sur un organe test, en général un utérus de Cobaye laissé *in situ* et dont on avait mesuré préalablement la chronaxie. Alors que, en dehors de toute action électrique, le sang du Lapin ne modifiait en rien la chronaxie, l'échantillon prélevé pendant passage du courant ascendant, courant qui diminue les chronaxies du nerf et favorise son action sur l'effecteur (diminution du temps de sommation), entraîne une augmentation importante de la chronaxie utérine. Un tel phénomène, analogue à celui observé par H. Frédéricq (²) sur un cœur témoin soumis au liquide de perfusion d'un cœur accéléré par excitation sympathique, doit être attribué à la présence dans le sang d'une substance chimique active. L'identification de cette substance avec l'adrénaline, médiateur sympathique, peut être poussée : en effet ce corps, qui augmente la chronaxie de l'utérus de Cobaye non gravide, diminue celle de l'utérus de Lapine ou celle du Cobaye gravide ou ayant reçu préalablement de la progestérone ou de l'yohimbine, toutes propriétés qui sont celles de l'adrénaline (³).

L'action du courant ascendant sur l'excitabilité de l'effecteur dépend donc bien de la libération de médiateur chimique sous l'effet de la galvanisation nerveuse centrale. Il en est de même si, par action anodique localisée au

(¹) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 79.

(²) *Arch. Internat. Physiol.*, 24, 1925, p. 294.

(³) P. CHAUCHARD, *Ann. Endocrinol.*, 5, 1944, p. 199.

ganglion cervical supérieur, on agit électivement sur les neurones ganglionnaires, ce qui entraîne une modification analogue de l'excitabilité viscérale.

Par contre les actions polaires localisées au niveau des péricaryones préganglionnaires dans la moelle (au lieu de deux électrodes dans la moelle comme pour le courant longitudinal, on ne place qu'une électrode dans la moelle; l'autre est diffuse, fixée dans les muscles du même niveau), actions qui ne dépassent pas le neurone préganglionnaire, n'influent pas sur l'excitabilité viscérale, n'amènent pas de production de médiateur.

On ne note non plus aucune métachronose de l'utérus témoin pendant les actions de sens inverse (courant descendant dans la moelle, cathode sur le ganglion) qui augmentent chronaxie et temps de sommation, ce qu'on pouvait interpréter comme une réduction du taux de médiateur présent : comme le test est insensible au sang normal et ne réagit qu'à une augmentation du médiateur, il n'est pas étonnant que nous ne puissions ainsi déceler une diminution du taux au-dessous de la normale.

Nous pouvons donc conclure que, lors des actions électriques centrales médullaires ou ganglionnaires sympathiques, les modifications de l'excitabilité des effecteurs dépendent bien de la libération de substances médiatrices par le nerf. Particularité importante, cette libération n'est pas liée au déclenchement d'influx nerveux ; en effet la présence sur le nerf d'une ligature serrée qui interrompt l'influx (inexcitabilité en amont) ne supprime pas le phénomène, pas plus que les variations d'excitabilité. Il doit dépendre, comme dans les phénomènes de subordination ou les métachronoses observées par Jeener et Pourbaix (*), des variations de la polarisation nerveuse. Celles-ci pourraient donc intervenir dans la libération des médiateurs chimiques de façon en quelque sorte tonique, différente de la libération par quanta habituellement envisagée, processus important pour la régulation centrale du tonus sympathique.

A 16^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

(*) *Arch. Internat. Physiol.*, 46, 1938, p. 97.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1945.

Jubilé scientifique de M. Camille Gutton célébré dans la salle des congrès du Ministère des P. T. T. le 10 juin 1944. Paris, Imprimerie Gauthier-Villars, 1945; 1 fasc. 23^{cm}, 5.

La vie de l'Univers. Essai de philosophie scientifique, par GUSTAVE L.-S. MERCIER. Alger, Éditions Charlot, 1944; 1 vol. 19^{cm}.

Le présent et l'avenir des matières plastiques, par JEAN DELORME. Grenoble et Paris, B. Arthaud, 1944; 1 vol. 23^{cm}.

Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Éléments de paléobotanique et de morphologie comparée), par LOUIS EMBERGER. Paris, Masson et C^{ie}, 1944; 1 vol. 25^{cm}.

République française. Ministère de la production industrielle. Direction du commerce intérieur. Service des Poids et Mesures. *La révision des étalons des bureaux de vérification en 1930-1935. Leur rénovation.* Paris, Imprimerie Nationale, 1944; 1 vol. 26^{cm} (présenté par M. A. Pérard).

SERGIO SISPAÑOV. Les Notes dont les titres suivent sont publiées dans le *Boletín matemático*, Buenos-Aires :

— *Sobre una integral de Euler.* Año X, n° 10, Diciembre de 1937, pp. 141-144;

— *Expresiones aproximadas para las funciones trigonométricas.* Año XI, n° 7, Junio de 1938, pp. 85-88;

— *Cálculo de una integral múltiple.* Año XI, n° 9, Julio de 1938, pp. 118-125;

— *Sobre un problema de Malfatti.* Año XI, n° 13, Septiembre de 1938, pp. 171-178;

— *Una generalización de las ecuaciones diferenciales homogéneas.* Año XI, n° 15, Octubre de 1938, pp. 200-206;

— *Un caso especial de movimiento de un sólido.* Año XI, n° 17, Noviembre de 1938, pp. 225-231;

— *Generalización de los teoremas de Pappus y Guldin.* Año XII, n° 3, Abril de 1939, pp. 29-33;

— *Generalización del teorema de Laguerre.* Año XII, n° 9, Julio de 1939, pp. 113-117;

— *Sobre los números pseudo-primos.* Año XIV, n° 7, Junio de 1941, pp. 99-106; 9 fasc. 26^{cm}.

Histoire de la Science, par PIERRE ROUSSEAU, in *Les grandes études historiques.* Paris, Arthème Fayard, 1945; 1 vol. 19^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine. Cahier n° 4. La répartition des valeurs classées du maximum annuel dans le bassin de la Seine,* par VLADIMIR FROLOW. Paris, 1945; 1 fasc. 27^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MAI 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 23 mai au lieu du lundi 21.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

La séance qui s'ouvre en ce moment est la première depuis le mardi 8 mai, qui a été officiellement le jour de la Victoire. Celle-ci a été saluée partout par les acclamations des foules et nous n'avons pas manqué de nous associer individuellement à l'enthousiasme général. Mais il me semble nécessaire d'apporter à la célébration de cet événement capital, au nom de l'Académie, l'hommage de notre participation collective.

Je salue donc, en votre nom, le triomphe de la cause mondiale de la liberté, qui, en même temps, assure définitivement la renaissance de notre pays et j'offre le tribut de notre reconnaissance à nos Alliés, qui ont su en s'unissant, dompter complètement la monstrueuse et inhumaine puissance de l'Allemagne.

Cette victoire, nous pouvions l'escompter avec assurance dès les derniers mois de l'année 1944. Elle n'en est pas moins digne d'être célébrée aujourd'hui. Pour nous, Français, qui sommes ainsi sortis de l'abîme de servitude où nous avons pu craindre, un instant, avoir été définitivement précipités, il est particulièrement précieux que la signature de la France figure, — comme, grâce à la Croix de Lorraine, ont figuré, de façon ininterrompue, ses armes dans la lutte, — sur les actes de capitulation de Reims et de Berlin. Nous le devons, avant tout, à l'homme qui, dès le 18 juin 1940, a été le champion et le héros de la Résistance. Honneur et gloire au général de Gaulle et à ceux qui l'ont suivi.

Reste maintenant, pour la France, à savoir récolter les fruits de cette victoire par le travail, par le relèvement de ses ruines et surtout par la restauration numérique de sa population. Jamais, plus qu'en ce moment, nous ne saurions

déplorer les grands vides qu'y laisse l'immense catastrophe. Et, autant qu'à la joie du succès acquis, notre pensée doit aller à nos deuils. Rendons plein hommage à nos morts.

Laissez-moi, en particulier, exprimer, en votre nom à tous, notre douloureuse sympathie à ceux de nos Confrères qui, au cours de cette longue guerre, et spécialement à l'heure où la paix était sur le point d'être atteinte, ont été frappés dans leurs affections les plus chères.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **MAURICE BOULY DE LESDAIN** est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. *Albert Maige*, décédé.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **JACQUES HADAMARD**, **CHARLES FABRY**, **ERNEST ESCLANGON**, pour la Division des Sciences mathématiques; **ALFRED LACROIX**, **LOUIS BLARINGHEM**, **EMMANUEL DE MARGERIE**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par le décès de M. *Tullio Levi-Civita*.

CORRESPONDANCE.

M. **POL BOUIN**, élu Membre non résidant, adresse ses remerciements à l'Académie.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

The Record of the Royal Society of London for the promotion of natural knowledge. Fourth Edition.

M. **HARLOW SHAPLEY** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1940.

M. **PAUL FALLOT** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie par le décès de M. *Lucien Cayeux*.

M. **RENÉ BARTHÉLEMY** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la science à l'industrie par l'annulation de l'élection de M. *Georges Claude*.

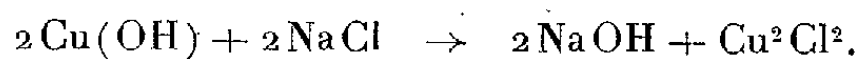
CHIMIE MINÉRALE. — *Corrosion du cuivre par les solutions de chlorure de sodium.*

Note de MM. **RENÉ DUBRISAY** et **GEORGES CHESSE**, présentée par M. Marcel Delépine.

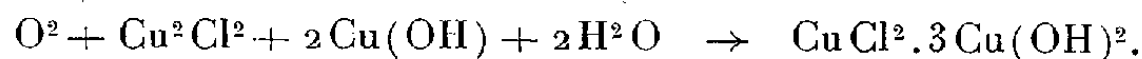
L'action corrosive des solutions de chlorure de sodium sur le cuivre a fait l'objet de nombreuses recherches ⁽¹⁾. En particulier Berthelot a montré qu'en présence d'air atmosphérique le gaz carbonique intervient en même temps que l'oxygène dans l'attaque du métal.

Si la présence de l'oxygène est indispensable à la corrosion, il n'en va pas de même pour le gaz carbonique. Nous l'avons vérifié au moyen d'un dispositif que nous avons utilisé pour l'étude de l'attaque de divers métaux et qui sera décrit dans une autre publication. Ce dispositif nous a permis de reconnaître que, si l'on dispose une spirale de cuivre dans une solution de sel marin au contact d'oxygène parfaitement exempt de gaz carbonique, on observe de façon ininterrompue (même après 280 jours) l'absorption du gaz, en même temps qu'apparaît un produit verdâtre analogue à celui qui prend naissance au cours de la corrosion en présence d'air.

En examinant à la loupe ce produit, on constate qu'il est hétérogène, formé par le mélange d'une poudre rouge et d'un corps vert. On parvient par sédimentation fractionnée à éliminer la majeure partie de la poudre rouge, et l'on constate que, pour la partie verte, le rapport du cuivre au chlore est égal à 2,64. Or Berthelot admet, dans l'attaque du cuivre par l'eau de mer, la formation d'un chlorure analogue au composé naturel atakamite, dont la formule est $\text{CuCl}^2,3\text{Cu}(\text{OH})^2$, ce qui correspond pour le rapport du cuivre au chlore à la valeur 2,66. Nous croyons, dans ces conditions, pouvoir expliquer la corrosion du cuivre en rappelant que ce métal, au contact de l'air, se recouvre d'une pellicule d'hydroxyde cuivreux ⁽²⁾ qui n'est pas absolument insoluble dans l'eau et agirait sur le chlorure de sodium suivant la réaction



Cette réaction serait favorisée par l'insolubilité du chlorure cuivreux, qui à son tour réagirait sur l'oxyde en excès et sur l'oxygène pour donner l'oxychlorure :



⁽¹⁾ LUNGE et WEIBEL, *J. Soc. Chem. Ind.*, 9, 1886, p. 47; TILDEN, *ibid.*, 5, 1886, p. 84; *Ost. Chem. Zeits.*, 26, 1902, p. 845; 27, 1903, p. 87; BERTHELOT, *Comptes rendus*, 118, 1894, pp. 764 et 768.

⁽²⁾ BENGOUGH et HUDSON, *J. Inst. Met.*, 21, 1919, p. 87; RENÉ DUBRISAY, *Comptes rendus*, 207, 1938, pp. 1101; 210, 1940, p. 533.

Si cette interprétation est exacte, la formation de la soude va se manifester par l'alcalinité du milieu, ce que nous avons pu vérifier de la façon suivante : dans deux ballons identiques, en pyrex, munie de réfrigérants, on plaçait 50^{cm}³ d'une solution normale de chlorure de sodium, et dans l'un des ballons une spirale de cuivre électrolytique. On chauffait les deux ballons au bain de sable pendant plusieurs heures chaque jour ; et l'on déterminait à intervalles fixes l'exposant d'hydrogène des deux liquides. Cet exposant était primitivement le même dans les deux ballons et était trouvé égal à 6,32 : mais, s'il restait pratiquement constant dans le ballon ne contenant pas de cuivre, il s'élevait progressivement dans l'autre pour atteindre au bout de 17 jours la valeur 9,40.

Cette expérience a été répétée en faisant barboter de l'oxygène bien dépourvu de gaz carbonique dans une solution de chlorure de sodium au contact de cuivre, et ici encore l'exposant d'hydrogène s'élevait, au 8^e jour, à 8,25, ce qui prouve à nouveau que la présence du gaz carbonique n'est pas indispensable à l'attaque du métal.

Une dernière justification du mécanisme proposé est fournie par les expériences suivantes : si l'on prépare de l'hydroxyde cuivreux en réduisant de la liqueur de Fehling par du formol, et qu'on laisse ce précipité au contact d'eau dans le vide, on retrouve, au bout de 45 jours, les réactions du cuivre à l'acide rubéanique dans la solution. Et, si l'on abandonne ce même hydroxyde à l'air en présence d'une solution de chlorure de sodium, on constate au bout de quelques jours que le liquide est devenu alcalin, en même temps que s'est formée une poudre verdâtre analogue à celle qui prend naissance dans les expériences décrites plus haut.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action oxydante de l'hydrosulfite de sodium sur l'indole.* Note de M. **GEORGES COHEN**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait depuis bien longtemps que l'hydrosulfite de sodium est un mauvais réducteur ⁽¹⁾, en ce sens que souvent les solutions de colorants que l'on réduit par son intermédiaire se recolorent rapidement à l'air, et souvent dans une autre coloration que la couleur primitive. Mais on n'a jamais, à ma connaissance, mis en évidence de fixation quantitative d'oxygène sous l'action prolongée de l'hydrosulfite de sodium.

Alors que l'indole ne donne aucune condensation avec les aldéhydes aromatiques et les cétones, j'ai pu, en présence d'hydrosulfite, obtenir des condensations et des dérivés colorés, notamment avec le diacétyle, la cyclohexanone, l'anthraquinone, l'acide pyruvique, la phénylméthylcétone, le benzaldéhyde, le paradiméthylaminobenzaldéhyde. Pour faire

(1) A.-L. LUMIÈRE et SEYEWETZ, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1905, p. 931.

l'expérience, on met en contact avec de l'hydrosulfite de sodium solide (1⁵) un mélange de 5 à 10^{cm}³ de solution, étherée ou benzénique, d'indole et de solution étherée ou benzénique de la substance carbonylée (0⁵,25 à 0⁵,50). La condensation demande environ 24 heures et se manifeste dans de nombreux cas par l'apparition de l'indogénide correspondant cristallisé.

Dans le cas du benzaldéhyde le corps obtenu est l'indogénide de cet aldéhyde, ou benzal-2 oxo-3 indoline, qui a déjà été préparé par condensation de l'indoxyle et du benzaldéhyde (2). Le composé obtenu présente en effet les indications de la littérature : F 175-176°; fluorescence jaune verte en solution étherée; dissolution en rouge foncé dans l'acide sulfurique, d'où il précipite inaltéré par addition d'eau; solubilité dans les lessives alcalines alcooliques; produit d'addition coloré en rouge brun avec Cl⁴Sn au sein du benzène. Ce dernier produit d'addition abandonne d'ailleurs de magnifiques aiguilles rouge brun.

Dans le cas de l'acide pyruvique on obtient des aiguilles rouges, qui ont également été décrites dans la littérature comme l'indogénide de cet acide cétonique. Elles en offrent tous les caractères analytiques (2).

Comme contrôle, j'ai traité une solution étherée d'indole par la même méthode. Après 2 heures de contact, la solution, filtrée et alcalinisée, a été additionnée de quelques cristaux d'isatine. L'apparition de la coloration rouge sang due à la formation d'indirubine est une preuve supplémentaire et formelle de l'apparition d'indoxyle à partir de l'indole sous l'action prolongée de l'hydrosulfite de sodium ou plutôt de ses produits de transformation.

On ne peut invoquer la formation d'un peroxyde, puisque la réaction se fait non seulement avec les aldéhydes, mais aussi avec les cétones. La transformation de l'indole en indoxyle se fait à l'aide de l'oxygène de l'air, car les condensations décrites ne se font pas en atmosphère inerte d'azote.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les peroxydases formées par la vitamine C activée par les sels de cuivre et de fer.* Note de M. NICOLAS BEZSSONOFF et M^{lle} HÉLÈNE LEROUX, présentée par M. Maurice Javillier.

Bien que la vitamine C, sommairement caractérisée dès 1925 (1), ait été complètement identifiée quant à sa composition par Szent-Györgyi en 1932, et quant à sa structure par Hirst en 1933, et que sa réaction avec les oxydases ait été signalée dès 1921 (1), son action enzymatique restait hypothétique. Nous allons montrer que cette vitamine, agissant comme peroxydase ou comme

(2) A. BAEYER, *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 2188.

(1) N. BEZSSONOFF, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 970; 173, 1921, p. 417.

antioxydant, augmente ou réduit l'action peroxydasique déjà connue du cuivre ⁽²⁾ et du fer ⁽³⁾ ionisés.

Nous comparons la coloration d'une solution A contenant, dans 10^{cm}³ d'eau, un substrat oxydable, la vitamine, H²O², CuSO⁴ et FeCl³, à celle d'une solution T qui n'en diffère que par l'absence de vitamine. La solution de FeCl³, préparée extemporanément, contient 9^{mg} d'acide citrique pour 10^{mg} de Fe. Les coefficients d'extinction des solutions sont déterminés à l'aide du photomètre de Pulfrich et rapportés à une épaisseur d'absorption de 20^{mm}. Nous désignons respectivement les coefficients d'extinction des solutions A et T dans la région de longueur d'onde λ^{70} par $E_A^{\lambda^{70}}$ et $E_T^{\lambda^{70}}$, et par $E_{AA}^{\lambda^{70}}$ et V la différence ($E_A^{\lambda^{70}} - E_T^{\lambda^{70}}$) et le rapport $E_A^{\lambda^{70}}/E_T^{\lambda^{70}}$. $E_{AA}^{\lambda^{70}}$ est positif ou négatif, $V > 1$ ou < 1 , selon que la vitamine accélère ou ralentit l'oxydation du substrat. Nos données se rapportent à la 10^e minute de la réaction. Les concentrations molaires et atomiques sont exprimées en 10⁻⁴ g/l. Voici les résultats obtenus.

Phénol. — Solution type : phénol 2^{mg} (21 mol.); acide ascorbique 1^{mg} (6 mol.); H²O² 3^{mg}, 1 (91 mol.); Cu 0^{mg}, 48 (8 at.); Fe 0^{mg}, 01 (0,2 at.).

Modi- fications	1. non modifié.	2. Ac. asc. 4 ^{mg} .	3. Phénol 1 ^{mg} .	4. Phénol 5 ^{mg} .	5. Cu 0 ^{mg} , 192.	6. Fe 0 ^{mg} , 04.	7. Cu 0.	8. Fe 0.	9. Ac. asc. 16 ^{mg} Fe 0 ^{mg} , 02.
$E_{AA}^{\lambda^{70}}$	+0,23	+0,43	+0,18	+0,17	+0,23	+0,61	+0,06	+0,08	-0,09
V.....	9	15	7	7	7	2	3	-	0,2

Les solutions A se colorent en jaune brun, excepté les solutions 2 et 5, qui développent une teinte rose virant au brun. Les solutions T paraissent jaunes ou incolores.

Crésol et tyrosine. — Solutions types : 1^o le phénol est remplacé par 2^{mg}, 29 (21 mol.) de crésol; 2^o Tyrosine 2^{mg} (11 mol.); Ac. ascorbique 2^{mg} (11 mol.); H²O² 6^{mg}, 2 (182 mol.); Cu 0^{mg}, 48 (8 at.); Fe 0^{mg}, 02 (0,4 at.).

Modi- fications	Crésol			Tyrosine					
	<i>ortho.</i>	<i>para.</i>	<i>méta.</i>	non modifié.	H ² O ² 9 ^{mg} , 3.	H ² O ² 12 ^{mg} , 4.	Fe 0.	Cu 0.	Ac. asc. 15 ^{mg} Fe 0 ^{mg} , 04.
$E_{AA}^{\lambda^{70}}$	+0,28	+0,29	+0,23	+0,22	+0,27	+0,24	+0,05	-0,02	-0,31
V.....	10	8	6	3	6	9	4	0,9	0,2

Les colorations des solutions A des *ortho*, *para* et *méta* crésols sont, respectivement : brun orange, jaune brun, rose. Les solutions A de la tyrosine sont jaune brun.

Benzidine. — Solution type : benzidine 2^{mg} (11 mol.); acide ascorbique 1^{mg}; H²O² 3^{mg}, 1; Cu 0^{mg}, 48; Fe 0^{mg}, 01; acide acétique 10^{mg} par milligramme de benzidine.

⁽²⁾ P. THOMAS et J. CHARPENTIER, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 4, 1922, p. 143.

⁽³⁾ A. WASSERMAN, *J. Chem. Soc.*, 1935, 1^{re} partie, p. 826.

Modi- fication	non modifié.	Ac. asc. 0 ^{mg} , 5.	Acide ascorbique 0 ^{mg} , 5		
			Cu = 0.	Fe = 0.	Cu, Fe = 0.
E _{AA} ⁴⁷⁰	+1,40	+1,20	+0,43	+0,24	0
V.....	4	4	3	4	1

Les solutions T développent une teinte bleue qui vire au brun rouge, les solutions A sont brun rouge, immédiatement. D'après nos dosages colorimétriques de l'extrait chloroformique rouge des solutions types A et T, sur 2^{mg} de benzidine, 0^{mg},33 dans la solution A et 0^{mg},09 dans la solution T seraient transformés en diphénoquinone-*bis*-acétylimide.

3,4-Dioxyphénylalanine, appelée *dopa*, et *pyrogallol*. — Solutions types : 1° *dopa* 2^{mg} (10 mol.); Ac. ascorb. 1^{mg}; H²O² 1^{mg},55 (46 mol.); Cu 0^{mg},24 (4 at.); Fe 0; 2° *pyrogallol* 2^{mg} (16 mol.); ac. ascorb. 1^{mg}; H²O² 0^{mg},31 (9 mol.); Cu 0^{mg},192 (3 at.); Fe 0.

Modi- fications	Dopa				Pyrogallol			
	non modifié.	Cu 0 ^{mg} ,48.	Fe 0 ^{mg} ,0025.	Ac. asc. 3 ^{mg} H ² O ² 3 ^{mg} ,1 Fe 0 ^{mg} ,02.	non modifié.	Ac. asc. 2 ^{mg} .	Fe 0 ^{mg} ,01.	Fe 0 ^{mg} ,02.
E _{AA} ⁴⁷⁰	+0,058	+0,058	+0,034	-0,115	+0,058	-0,015	+0,051	-0,007
V.....	5	4	1	0,8	2	0,7	2	0,9

Les solutions A de la *dopa* sont colorées en brun; les solutions T sont bleues et virent au brun. Les solutions A et T du *pyrogallol* sont brunes et jaunes.

Conclusions. — La combinaison vitamine, cuivre et fer constitue une monophénolperoxydase, tandis que la vitamine et le cuivre forment une polyphénolperoxydase. L'action de la vitamine ne se borne pas au transport de l'hydrogène, mais modifie profondément le substrat. L'intensité et le sens même de cette action varient en fonction des concentrations relatives et absolues des composants du mélange.

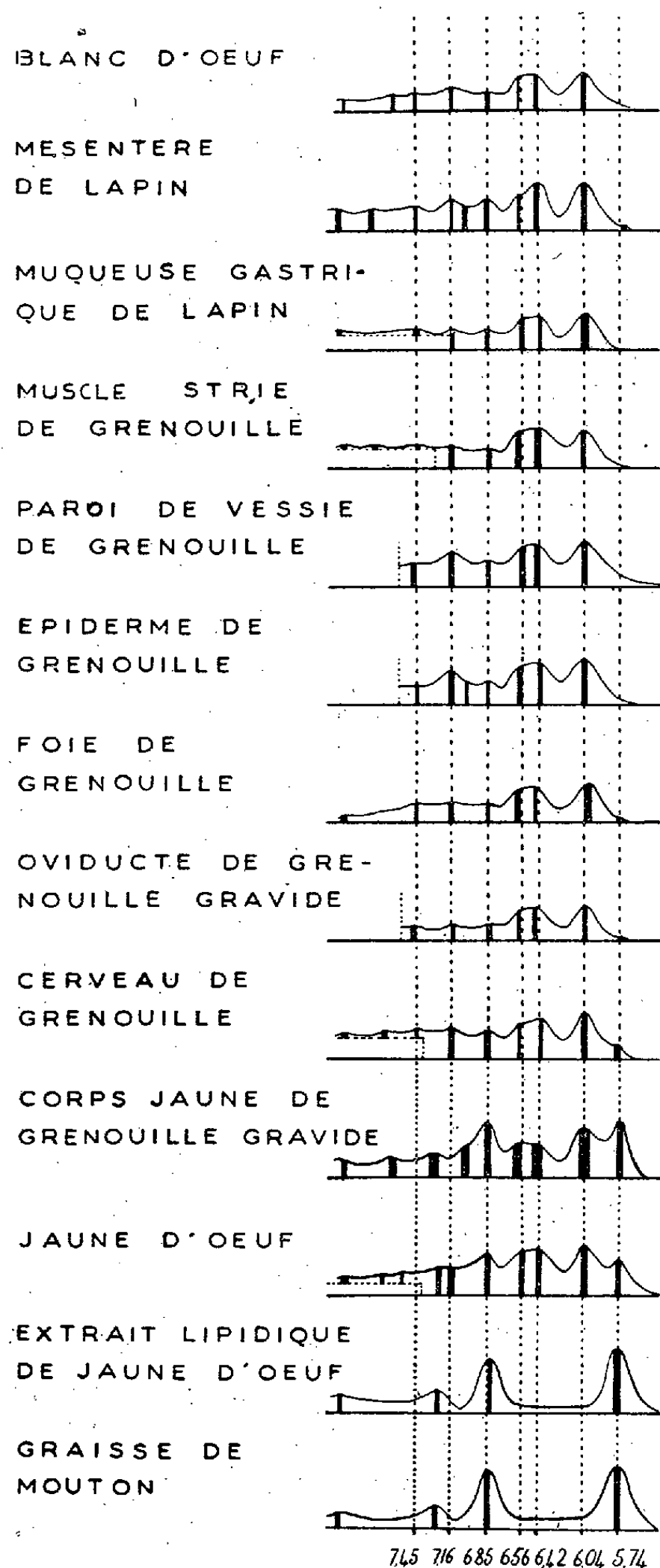
PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Spectre infrarouge des tissus animaux entre 4 et 8 μ* . Note (1) de M. HENRI LENORMANT, présentée par M. Pierre Jolibois.

Le spectre infrarouge des tissus animaux a été très peu étudié et l'on ne peut guère citer à ce sujet que le travail de R. Stair et W. Coblentz (2), assez sommaire sur ce point. Nous avons entrepris une étude systématique, limitée à la région de 4 à 8 μ , mais effectuée avec une dispersion importante, grâce à un prisme en fluorine de dimensions relativement grandes.

(1) Séance du 23 avril 1945.

(2) *J. Res. National Bur. Stand.*, 15, 1935, pp. 295-316.

Technique. — Le tissu à examiner est finement broyé au mortier. La bouillie homogène ainsi obtenue est étalée en couche mince sur une lame de fluorine. Cette couche sèche très rapidement dans le vide à basse température.



Résultats. — Comme on pourra le constater sur le tableau ci-dessus, la plupart des spectres ont une allure semblable et peuvent être représentés sché-

matiquement de la façon suivante :

vers 6,04	6,44	6,59	6,85	7,15	7,45	entre 7,64 et 7,80	8,06 et 8,10
forte	forte et double		faible	moy.	faible	faible	faible

Quelques petites variations peuvent s'observer sur les bandes faibles. Il n'y a pas d'absorption caractéristique d'un tissu ou d'une espèce animale.

Certains tissus présentent toutefois 3 bandes supplémentaires. la 1^{re} entre 5,73 et 5^u,76, la 2^e à 6^u,85, la 3^e entre 7,27 et 7^u,29. Ces maximums d'absorption peuvent être très prononcés. Étant donnée la richesse en graisse des tissus qui possèdent ces bandes, il est normal de supposer qu'elles caractérisent des corps gras. Cette hypothèse est confirmée par l'extraction et l'examen séparé des lipides. On doit remarquer, en passant, que des lipides aussi différents que les lécithines du jaune d'œuf et les glycérides du mouton ont des spectres analogues.

Les bandes communes à tous les tissus sont vraisemblablement dues aux protéines puisque le blanc d'œuf, dont la constitution est uniquement protidique, possède un spectre typique. Le fait a été confirmé par l'étude systématique des protéines qui sera l'objet d'une publication prochaine.

BACTÉRIOLOGIE. — *Trois cas d'endosymbiose bactérienne chez des Ciliés Astomes commensaux de l'Oligochète Lumbriculus variegatus (Müller)*. Note de M. **RAYMOND HOVASSE**, présentée par M. Louis Fage.

D'abondantes récoltes de *Lumbriculus variegatus*, effectuées en Limagne m'ont permis d'examiner les Ciliés Astomes intestinaux de l'Oligochète *Lumbriculus variegatus* (Müller). Ce sont les trois espèces qui y ont été signalées déjà en Europe, en dernier lieu par Heidenreich (1935), et qui y sont souvent présentes simultanément. La plus fréquente est *Mesnilella clavata* (Leidy), dont il est possible d'observer la conjugaison, non décrite. Les deux autres sont moins constantes, et toujours moins abondantes : *Mesnilella trispiculata* Kijenskij, dont certains exemplaires atteignent 2000 μ , et *Hoplitophrya secans* Stein.

Ces formes présentent en commun cette particularité non encore signalée de toujours héberger, à même leur cytoplasma, de très importantes quantités de Bactéries. A s'en tenir à l'examen direct, il existe une espèce bactérienne pour chaque espèce d'Astome. Chez *Mesnilella clavata*, il s'agit d'un bacille grêle et allongé, très abondant immédiatement en dessous de l'ectoplasme, et qui, par endroits, pénètre aussi dans l'axe sensiblement homogène de la cellule (*fig. 1 et 1 a*). Celui d'*Hoplitophrya secans* est de forme voisine, mais légèrement plus épais et nettement plus long; il se rapproche davantage de la cuticule, garnissant toute la périphérie, sauf

au niveau de l'extrémité antérieure (*fig 2 a*). Celui enfin de *Mesnilella trispiculata* est beaucoup plus gros, effilé à ses extrémités, et en stades très fréquents de division. Tout l'ectoplasme en est garni; il entoure en essaims

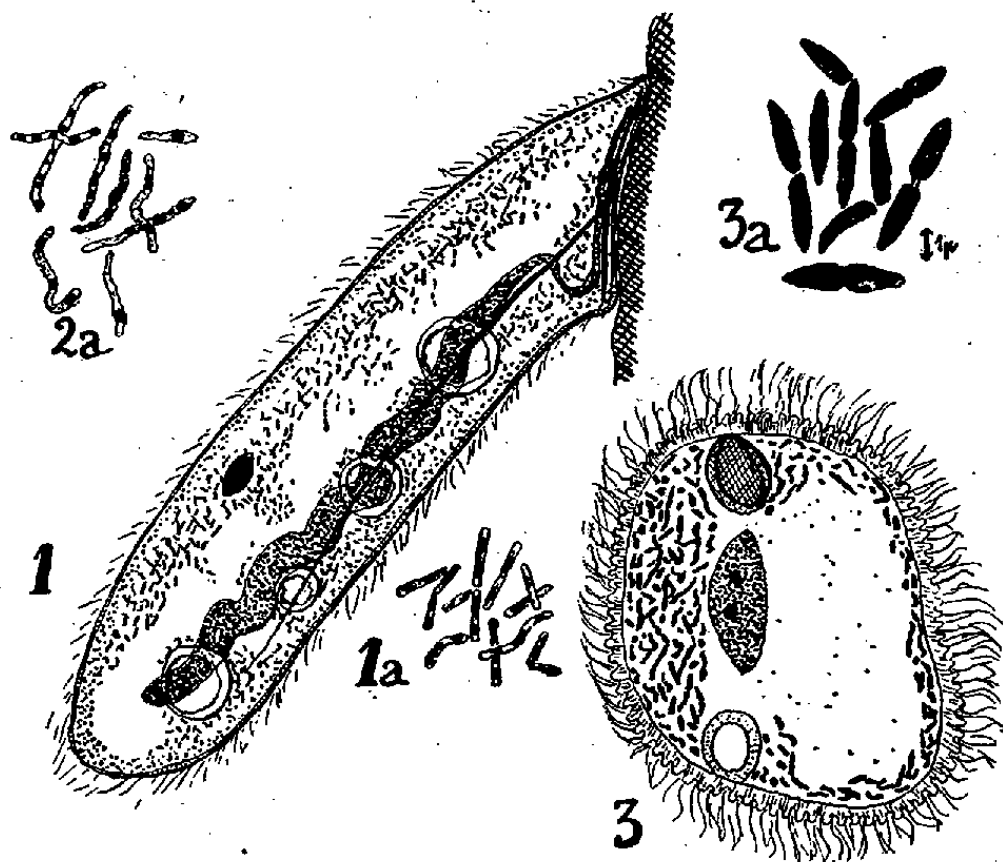


Fig. 1. — *Mesnilella clavata*, en position de fixation. Coupe épaisse. Macro- et micronoyau, spicule interne, 4 vésicules pulsatiles, mitochondries cocciformes périphériques, bactéries plus internes. $\times 800$.

Fig. 1 a. — Même espèce, bactéries isolées. Acide osmique, bleu polychrome (échelle en 3 a).

Fig. 2 a. — *Hoplitophrya secans*. Ses bactéries; même technique, même échelle.

Fig. 3. — *Mesnilella trispiculata*. Coupe transversale. De haut en bas, section du spicule, du Mn, d'une vacuole pulsatile. Disposition courante des bactéries. $\times 1000$.

Fig. 3 a. — Même espèce. Ses bactéries; technique et échelle de 1 a et 2 a.

denses les vacuoles pulsatiles, les plages de glycogène, mais ne pénètre généralement pas dans l'axe (*fig. 3 et 3 a*).

Il s'agit bien de Bactéries. Sur le vif, ces éléments sont facilement visibles, à condition d'utiliser un grossissement suffisant : ils en imposent alors pour des mitochondries. Il est facile de constater cependant que nous n'avons pas affaire à de telles formations : avec ces gros Ciliés, il est possible de faire de véritables frottis. Les éléments, une fois étalés, résistent à la fixation à la flamme, ou à l'alcool, ou même à l'acide acétique et se colorent ensuite comme des Bactéries.

Dans l'eau de source, entre lame et lamelle, les Astomes s'autolysent plus ou moins vite : les Bactéries subsistent intactes dans le résidu.

Enfin, sur coupes, il est possible de colorer différemment et côte à côte les mitochondries, sphériques dans les trois espèces, et les Bactéries : la méthode d'Altmann fournit les premières en rouge, les secondes prenant ensuite le bleu de méthylène.

La démonstration de leur nature de symbiotes s'établit moins directement.

Jamais ces Bactéries ne sont envacuolées; il ne s'agit donc certainement pas de proies, ce qui s'accorde avec l'astomie des Infusoires.

Le fait que les trois Ciliés d'une même espèce de Ver possèdent tous trois des Bactéries peut faire penser à une affection épidémique, hypothèse qui cadre déjà mal avec les manifestations vitales parfaitement normales de ces Astomes, et qui se trouve en opposition avec deux faits, celui, déjà mentionné, de l'existence d'une espèce de Bactérie propre à chaque Cilié, et d'autre part avec la généralité absolue de l'infection. Tous les Ciliés examinés, provenant de stations éloignées les unes des autres de plus d'un kilomètre, se sont, sans exception, montrés porteurs aussi riches des mêmes germes.

En outre, l'Astome étant tué, il est possible de constater sous le microscope qu'aucune multiplication bactérienne ne se produit jusqu'à la cytolyse. Nous n'avons donc pas plus affaire à des saprobies qu'à des parasites stricts. L'hypothèse d'une endosymbiose se justifie donc ainsi, comme la plus vraisemblable.

Si les cas d'endosymbiose bactérienne ne sont pas rares chez les Insectes, ils le sont réellement chez les Protistes. Malgré l'abondance des travaux cytologiques, même récents, dont les Astomes ont été l'objet, aucune observation n'a été relatée se rapportant à l'existence de symbiotes. Je relève cependant une indication : Léger et Duboscq ont décrit, en 1904, chez *Anoplophrya Brasili* L. et D., à proximité du macronoyau, l'existence de cordons irrégulièrement moniliformes, donnant en coupe l'image de corpuscules et de bâtonnets isolés, qu'ils figurent, sans les interpréter. Il est possible que cet aspect cytoplasmique anormal corresponde à l'existence de Bactéries.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

L. B.

ERRATA.

—

(Séance du 3 janvier 1945.)

Note de M. *Marc Krasner*, Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupes d'inertie et de ramification; théorie extrinsèque de la ramification.

Page 30, ligne 7, *au lieu de* de Z_q ..., *lire* intersections de Z_q

» » 15, *au lieu de* $(\beta_q(\sigma; K/k\alpha, \dots)^*, \chi_\sigma)$, *lire* $(\beta_q(\sigma; K/k, \alpha, |\dots|^*), \chi_\sigma)$.

» » 26, *au lieu de* de E_q , par rapport, *lire* de E_q par rapport.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 23 MAI 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un deuil inopiné nous atteint en la personne de notre Confrère **MARC TIFFENEAU**. Toutes ces dernières semaines, il participait encore assidûment et activement à nos séances, plein d'ardeur et de vie. Il a été emporté subitement, dimanche 20 mai, sur le quai de la gare de l'Est, alors qu'il se rendait à la campagne pour y visiter une personne amie. Il était seul; on l'a transporté à la Maison Dubois, où l'on n'a pu que constater son décès.

Tiffeneau avait été élu Membre de la Section de Chimie le 8 mai 1939. Il était né à Mouy (Oise) le 7 novembre 1873. Toute sa carrière scientifique s'est déroulée à Paris. Il avait débuté par des études de Pharmacie, au cours desquelles l'enseignement de notre ancien Confrère Béhal l'avait orienté vers la Chimie organique et avait éveillé en lui une vocation enthousiaste. C'est en collaboration avec ce Maître qu'il a publié ses premiers travaux en 1901. Il n'avait pas tardé à joindre à l'étude de la Pharmacie celle de la Médecine et, en outre, il avait conquis en 1907 le grade de Docteur ès Sciences. En 1910, il était nommé agrégé de Pharmacodynamie à la Faculté de Médecine et il a exercé ces fonctions jusqu'en 1924; puis il a été chargé, à la Faculté des Sciences, de l'enseignement de Chimie du P. C. N., de 1924 à 1926, où il est revenu à la Faculté de Médecine comme professeur titulaire de Pharmacodynamie. Il devenait doyen de cette Faculté en 1937; un accident survenu, en 1940, lors de l'exode, lui a fait abandonner ces lourdes fonctions et l'âge de la retraite l'avait atteint en 1943.

Dans les diverses étapes que je viens de résumer, Tiffeneau s'est montré un professeur plein de clarté et d'ardeur pour l'enseignement. Ces qualités se retrouvent dans de nombreux articles de synthèse, dans les monographies qu'il a écrites pour divers Traités ou Dictionnaires de Chimie, dans les Conférences

qu'il a eu l'occasion de faire sur des questions de Chimie pure ou de Chimie appliquée à la Pharmacologie et à la Pathologie. Nous avons pu nous-mêmes apprécier ces qualités pendant les trop courtes années où il a été des nôtres. Aux travaux qu'il a publiés lui-même il faut ajouter la part qu'il a eue dans ceux de ses élèves, dont plus de 50 ont exécuté, sous son inspiration, des Thèses de doctorat (15 en Sciences physiques, 10 en Médecine, 25 en Pharmacie). Il ne séparait pas, dans ces fonctions, le rôle du chercheur de celui de l'éducateur; il se donnait à l'un et à l'autre de toute son ardeur.

En ce qui concerne ses recherches et ses découvertes scientifiques, pendant plus de quarante années, Tiffeneau a mené une vie de laboratoire des plus actives, qui s'exprimait en 1939, au moment de son élection parmi nous, par 229 publications originales, auxquelles il fallait en ajouter 83 autres : livres, articles, revues et rapports. C'est une tâche difficile de résumer très brièvement, comme il convient ici, une œuvre aussi considérable.

En ce qui concerne la Chimie pure et théorique, qui en est la partie essentielle, Tiffeneau s'est consacré principalement à l'analyse expérimentale des transpositions moléculaires dans les composés organiques. Elles consistent en des déplacements intramoléculaires de groupements ou de radicaux organiques, qui émigrent d'un atome de carbone vers un autre, ce qui transforme de façons variées le squelette carboné initial de la molécule : une chaîne ramifiée devient linéaire, ou inversement; une chaîne hexagonale est rendue pentagonale, ou vice-versa. Tiffeneau a étudié un grand nombre de transpositions de cet ordre et les a coordonnées. Il a ramené, par exemple, toutes celles qui concernent les glycols ou leurs dérivés à un type fondamental unique, le type pinacolique, avec un certain nombre de types secondaires. On aperçoit aisément la portée générale en même temps que l'unité globale de cet ordre de recherches.

Pour expliquer le mécanisme de ces transpositions, Tiffeneau a admis, dans ces transformations, l'existence d'une structure intermédiaire instable, une sorte d'état critique, provoqué soit par l'action des réactifs, soit par l'augmentation de l'énergie interne sous l'action de la chaleur. Il a pu de là déduire certaines notions sur les aptitudes migratrices de divers radicaux, sur la valeur relative de leur affinité ou de leur énergie de liaison.

Il a trouvé, dans le cours de ces recherches, l'occasion d'isoler et de décrire notamment une nouvelle classe de corps, les alcools vinyliques. Il a été aussi conduit à étudier toute une série de phénomènes de rupture de la liaison de l'azote au carbone dans les benzylamines et il en a tiré des conclusions sur la constitution de la morphine et des alcaloïdes qui s'y rattachent. Ces recherches l'ont amené à de très fécondes découvertes dans le domaine de la Stéréochimie. Il a pu ainsi, dans divers cas, notamment dans le groupe des glycols, obtenir séparément et à volonté chacun des deux stéréoisomères prévus par la théorie et apporter des données importantes au problème de la synthèse asymétrique.

A côté de toutes ces recherches de Chimie pure, importantes également sont

les contributions de Tiffeneau à la Chimie pharmacologique, tant sous l'aspect de la théorie que sous celui de la pratique : telles sont ses recherches sur les hypnotiques, et leurs résultats quant au rapport entre leur pouvoir d'hypnose et leur structure chimique. A citer encore ses travaux sur les dérivés organiques mercuriels; ceux consacrés à la série de l'adrénaline; ceux portant sur la Chimie pathologique, notamment sur la toxicité de la tuberculine, sur la neutralisation de la toxine tétanique par la substance cérébrale etc.

Entre des travaux aussi variés de Chimie pure ou de Chimie appliquée existe le lien d'une grande idée directrice : déterminer les rapports entre la structure chimique et les propriétés physiques, chimiques et pharmacologiques. Tiffeneau a été un maître dans le maniement des formules de constitution des composés organiques et restera l'un de ceux qui en auront bien marqué la réalité féconde.

Enfin, il a eu l'occasion d'affirmer les qualités de clarté et d'ordre de son esprit, en même temps que l'étendue de ses connaissances, par d'importantes contributions à l'histoire de la Chimie, spécialement à celle des origines et du développement de la théorie atomique dans l'œuvre de Charles Gerhardt, à qui il a voulu rétrospectivement faire rendre pleine justice, et il a organisé, en particulier, la publication de la correspondance de ce grand précurseur.

Nous avons eu ici le temps, malheureusement trop mesuré, d'apprécier les qualités personnelles de Marc Tiffeneau et nous ne pouvons que ressentir un très vif regret de le voir si rapidement enlevé à notre Compagnie, où il représentait avec une grande autorité un aspect essentiellement moderne de cette vaste Science qu'est la Chimie contemporaine.

J'exprime, en votre nom, à toute sa famille notre profonde sympathie à l'occasion de la perte cruelle qui la frappe si soudainement. Pour n'avoir été des nôtres que pendant peu d'années, Marc Tiffeneau laissera cependant ici un durable et excellent souvenir.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **PAUL PELSENEER**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, survenu à Bruxelles, le 5 mai 1945.

Notice nécrologique sur GEORGE DAVID BIRKHOFF,
par M. **JACQUES HADAMARD.**

GEORGE DAVID BIRKHOFF, professeur à la célèbre Université Harvard, est décédé à l'âge de 60 ans, à Cambridge, Massachusetts, le 12 novembre 1944, alors que nous étions encore en droit de compter sur sa féconde activité. C'est une grande personnalité scientifique qui disparaît.

Son souvenir restera, dans nos mémoires, inséparable de celui même de Poincaré. Les circonstances qui ont appelé l'attention sur lui sont restées célèbres. En 1912, celui dont le génie a marqué de son empreinte toute l'école

mathématique française et même toute l'école mathématique mondiale contemporaine, publiait dans les *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo* son dernier Mémoire, consacré, comme beaucoup de ses œuvres, aux questions soulevées par la Mécanique céleste, et en particulier à la recherche des solutions périodiques, dont il n'avait cessé de s'occuper inlassablement dès les premières années de son œuvre. Nul mathématicien n'a oublié les termes, empreints de mélancoliques pressentiments que l'état de sa santé, devenue très délicate, ne justifiait que trop, en lesquels il s'excusait de présenter un travail aussi peu achevé. En effet il rattachait une série de conséquences importantes à une proposition relative aux transformations du plan que son intuition lui faisait considérer comme fort probable, mais pour la démonstration de laquelle ses efforts étaient demeurés vains.

En fait Poincaré ne vit même pas la parution de son Mémoire.

C'est peu de temps après que ce *dernier théorème* de Poincaré, dont le Mémoire du *Circolo di Palermo* avait mis en évidence l'importance fondamentale, fut démontré en toute rigueur par George Birkhoff. La démonstration est des plus délicates et met en évidence, en même temps que la difficulté de la question, la rare pénétration de l'auteur. Quelques essais furent tentés, dans les années qui suivirent, en vue de donner du même théorème une démonstration plus simple, mais n'aboutirent qu'à des résultats insuffisants.

Dans leurs parties les plus essentielles, les recherches de Birkhoff restent de même en relation étroite avec l'œuvre de Poincaré consacrée à la Mécanique céleste. Certes, on lui doit de beaux et importants résultats sur d'autres questions d'Analyse mathématique, sur les équations différentielles et aux différences finies, sur les équations intégrales, sur le Calcul fonctionnel etc. Mais, avant tout, il s'est à maintes reprises montré l'un des rares géomètres dignes d'apporter, après Poincaré, des contributions importantes à ce sujet si attirant, qui intéresse si directement l'humanité, mais si profondément caché et difficile qu'est la Mécanique céleste : sujet qui semble perpétuellement défier nos efforts, au point que les progrès successivement réalisés font le plus souvent apercevoir des difficultés nouvelles, de sorte que le but paraît reculer à chaque pas que nous faisons pour essayer de l'atteindre.

Point d'exemple plus instructif à cet égard que celui qui est fourni par Birkhoff dans un court Mémoire que la Société mathématique de France a tenu à publier. Poincaré, en appliquant en tant de circonstances son génie à la recherche des trajectoires périodiques du problème des équations différentielles et de la Mécanique céleste, avait en même temps souligné l'importance générale de ces trajectoires, dont il a dit : « Elles se sont montrées la seule brèche par laquelle nous ayons pu pénétrer dans une place réputée jusque-là inaccessible ». Il semblait même que ces trajectoires, jointes à celles qui leur sont asymptotiques, puissent nous fournir une image approchée de toute autre trajectoire, du moins de celles qui ne s'éloignent indéfiniment. Or le travail de

Birkhoff, que nous venons de mentionner, nous fait voir là une idée fausse : il conduit à penser que les mouvements périodiques ne suffisent pas à un tel rôle, lequel sera rempli par des mouvements qu'il appelle mouvements *récurrents*, dont la définition est beaucoup plus délicate. Bien que l'exemple qu'il fournit d'un problème différentiel dont les solutions ne peuvent pas être approchées par des solutions périodiques relève d'une catégorie autre que celle qui peut intervenir en Mécanique céleste, on voit quelle révolution un pareil résultat apporte à toutes nos vues sur ce chapitre de la Science. Birkhoff a d'ailleurs continué l'œuvre de Poincaré en ce qui regarde l'étude des solutions périodiques comme en presque tout ce qui regarde la Mécanique céleste, et ses travaux sur ce point, qui comptent parmi les progrès plus importants réalisés dans ce domaine, montrent encore la même profondeur et la même intuition pénétrante que le monde savant avait pu admirer dès la démonstration du dernier théorème de Poincaré.

Birkhoff était notre Correspondant depuis 1929 et le Collège de France l'avait appelé à donner une série de conférences sur ses belles recherches. On peut dire que sa disparition, qui est une perte pour la Science, est aussi une perte pour la Science française.

MICROBIOLOGIE. — *Épuration microbienne sélective du lait par de petites doses de trichloronitrométhane*. Note de MM. GABRIEL BERTRAND et MAURICE LEMOIGNE.

L'un de nous a proposé l'emploi du trichloronitrométhane pour le mutage des liquides fermentescibles et en particulier du lait ⁽¹⁾.

Les conditions de récolte, de pasteurisation, de réfrigération et de transport du lait étant devenues tout à fait anormales du fait de la guerre, nous avons été amenés à étudier de plus près l'action de cet antiseptique.

Des nombreux essais que nous avons faits on peut conclure qu'appliqué à la dose de 60^{ms} par litre au lait standardisé (pasteurisé ou non), le trichloronitrométhane pur (microlysine) permet, sans aucune précaution de réfrigération, une conservation supplémentaire du lait d'au moins 2 à 3 jours.

Le lait, ainsi conservé et porté quelques minutes à l'ébullition avant d'en faire usage, ne présente ni goût ni odeur désagréables, mais offre au contraire toutes les propriétés du lait frais. Au delà du délai ci-dessus, l'acidité se développe et peut atteindre de 2^s,2 à 2^s,5 d'acide lactique par litre. Il caille alors à l'ébullition et, s'il lui arrive de cailler spontanément, c'est-à-dire à la température ambiante, son caillé est homogène, sans trace de dégagement gazeux, et présente à la dégustation tous les caractères d'un lait ayant subi une bonne fermentation lactique.

(1) G. BERTRAND, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 230.

Les laits témoins, placés dans les mêmes conditions, ont caillé rapidement avec dégagement gazeux et étaient devenus le plus souvent inconsommables.

Ces aspects du lait microlysé montrent que sa flore microbienne a subi une modification profonde. L'étude bactériologique permet de préciser la nature de cette transformation.

Nous avons fait une numération des germes totaux sur milieu G. Guittonneau et R. Chevalier, au lait digéré par la papaïne et gélosé ⁽²⁾. Les bactéries du groupe du *Bacterium coli* (Tribu des *Escherichæ*) ont été recherchées par la technique de H. G. Dunham et H. W. Schoenlein, dans un milieu lactosé bilié additionné de vert brillant ⁽³⁾.

Nous avons fait de nombreuses analyses bactériologiques : elles ont toutes donné des résultats analogues.

Nous n'en rapporterons ici que deux exemples :

Essai 150. — Le lait a été conservé dans des bidons ordinaires de 10 litres en tôle galvanisée et à une température moyenne de 19 à 21°C.

Essai 156. — Le lait a été conservé dans des flacons de verre, de 250^{cm}³, fermés et à une température moyenne de 15 à 20°C.

		Recherche des <i>Escherichæ</i> .					
		Cultures en boîtes de Petri, colonies pour 1 ^{cm} ³ de lait		Milieu bilié au vert brillant, dilutions.		Réaction de l'indol, dilutions.	
Durée de la conser- vation.		Ferments lactiques.	Autres bactéries.	1/10.	1/1000.	1/10.	1/1000.
<i>Essai 150.</i>							
Témoin non traité.	1 jour	très nombr.	6.000.000	+	+	+	+
Lait traité à 60 ^{ms} de microlysine/litre...	1 »	4.000.000	0	0	0	0	0
	2 jours	8.000.000	5.000	0	0	0	0
	3 »	14.000.000	0	0	0	0	0
	7 »	2.000.000	5.000	0	0	0	0
<i>Essai 156.</i>							
Témoin.....	0	34.000	3.600	+	0	+	+
Lait traité à 60 ^{ms} de microlysine/litre...	2 jours	60.000	0	0	0	0	0
	26 »	30.000.000	0	0	0	0	0

Quand le lait n'est pas traité, qu'il est conservé sans précautions à ces températures déjà élevées, il caille spontanément en 24 à 48 heures et le nombre des microbes au centimètre cube est considérable : il contient, à côté des ferments lactiques, d'autres organismes dont beaucoup provoquent un dégagement gazeux. La recherche spéciale des bactéries de la tribu des *Escherichæ* est toujours positive et, à côté des microbes du

⁽²⁾ *Annales de Technologie agricole*, 3, 1940, p. 7.

⁽³⁾ *Stain Tech.*, 1, 1926, p. 129.

genre *Aerobacter*, qui sont constants, on trouve presque toujours des souches d'*Escherichia coli*.

Après traitement le nombre total des microbes baisse dans une proportion considérable. Pratiquement toutes les bactéries autres que les ferments lactiques disparaissent dans les premières vingt-quatre heures. Le maximum restant des microbes non lactiques a été de 5000 au centimètre cube, mais d'une manière exceptionnelle (essai 150); dans tous les autres cas, le nombre de ces colonies a été nul. Enfin, constatation importante, la recherche spéciale des espèces de la Tribu des *Escherichæ* a toujours été négative.

Les seuls microbes qui, en fait, subsistent sont des ferments lactiques et l'on peut préciser que l'on n'a trouvé que des streptocoques lactiques, très vraisemblablement, même exclusivement *Streptococcus lactis*.

Le nombre de ces streptocoques est beaucoup moindre que dans les laits non traités.

En outre l'acidification provoquée par ces ferments lactiques résiduels est faible et très inférieure à l'acidification due aux ferments lactiques normaux.

Par exemple, une culture pure de ces ferments donne, en 24 heures à 31°C., 2^s,2 d'acide lactique par litre, alors qu'une variété de *Streptococcus lactis* en donne plus de 6^s.

En conclusion, le trichloronitrométhane pur, employé à la dose de 60^{ms} par litre, élimine toutes les bactéries autres que les streptocoques lactiques qui, eux-mêmes, poussent plus lentement que dans le lait normal et donnent une acidification beaucoup moins intense.

CORRESPONDANCE.

M. CHARLES SCOTT SHERRINGTON, élu Associé étranger, adresse ses remerciements à l'Académie.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

THOMAS J. J. SEE. *Wave Theory. Discovery of the cause of gravitation.* Volume V, partie 1 et 2; Volumes VI, VII et VIII (Ouvrage photocopié).

MM. MAURICE CHEVASSU et CLOVIS VINCENT prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. Jean-Louis Faure.

GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — *Tangentes principales d'une variété à p dimensions dans l'espace à n dimensions.* Note de M. LÉONCE LESIEUR, présentée par M. Élie Cartan.

Notations. — E_n , espace linéaire à n dimensions; V_p , variété quelconque à p dimensions de cet espace; V_p^q , variété algébrique d'ordre q ; $[\vec{A}_1, \vec{A}_2, \dots, \vec{A}_n]$, étendue du n -vecteur de E_n défini par les vecteurs $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \dots, \vec{A}_n$; B_n , intersection de deux hyperquadriques V_{n-1}^2 de E_n .

I. *Tangentes principales d'une V_{n-2} dans E_n .* — 1° On peut montrer l'existence en chaque point M de la variété V_{n-2} , supposée différentiable, de $n-2$ tangentes, que j'appelle principales, qui décrivent une hypersurface V_{n-1} , dont l'hyperplan tangent, le même tout le long de l'une d'elles, généralise ainsi le plan osculateur à une courbe gauche.

Une telle hypersurface est donc, suivant l'expression de Luc Gauthier (*Thèse*, Paris, 1944, p. 10), une variété $n-2$ — *développoïde*.

Je détermine ces tangentes principales au point $M(u_i)$ ($i=1, 2, \dots, n-2$) par leurs coordonnées x_i dans le repère $\delta M/\delta u_i$, qui vérifient les $n-3$ relations (1), où $j=2, \dots, n-2$,

$$(1) \quad \left[\frac{\partial M}{\partial u_1}, \frac{\partial M}{\partial u_2}, \dots, \frac{\partial M}{\partial u_{n-2}}, \frac{\Sigma}{i} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial u_1 \partial u_i} x_i \right), \frac{\Sigma}{k} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial u_j \partial u_k} x_k \right) \right] = 0,$$

et l'interprétation suivante du système (1) en fournit aussi la solution :

Les tangentes principales sont les $n-2$ arêtes du repère conjugué commun au faisceau des cônes des tangentes, pour les sections par l' E_{n-2} tangent en M à la V_{n-2} , des variétés V_{n-1} qui la contiennent.

2° Pour une V_2 quelconque située dans un E_n , les 2 tangentes principales en M sont les rayons doubles d'une involution signalée par Kommerel ⁽¹⁾ (*Math. Annalen*, 1905, p. 556), qui les appelle *Asymptoten-Richtungen*. Dans la projection de la V_2 faite d'un point suivant une surface de l'espace ordinaire, ces droites ne se projettent pas suivant des tangentes asymptotiques, comme il résulte de la propriété suivante :

Les tangentes principales d'une B_n se projettent sur un E_3 suivant les directions principales d'une cyclide (ou d'une quadrique).

Le nom de tangentes principales paraît donc mieux justifié.

3° On peut constater sur l'exemple de la développoïde algébrique D_n , lieu des tangentes principales d'une hyperbiquadratique B_n , certains aspects géométriques que ne révèle pas le cas $n=3$, pour lequel il s'agit du lieu des tangentes à une biquadratique ordinaire.

L'arête B_n , double sur la surface D_3 , présente pour l'hypersurface D_n un

(1) Voir aussi FORSYTH, *Geometry of four dimensions*, Cambridge, 1930, p. 246.

ordre de multiplicité $2(n-2)$; $2(n-2)$ nappes de l'hypersurface viennent se raccorder deux à deux sur la B_n , tangentielllement aux $n-2$ hyperplans osculateurs en M.

Outre l'arête B_n apparaît pour $n=4$ une 2^e arête secondaire, double pour D_n ; c'est une variété à 2 dimensions du 12^e ordre. Pour n quelconque, les $n-3$ arêtes secondaires de la $(n-2)$ -développôide D_n ⁽²⁾ sont constituées par une même variété algébrique V_{n-2} double pour D_n , dont l'ordre égale la classe d'une développôide D_{n-1} .

La développôide D_n est d'ordre $8(n-2)$ dans E_n , et de classe $12(n-2)$.

Sur l'arête B_n le système de courbes associées (réseau des courbes intégrales du champ des tangentes principales) s'obtient comme trace, sur la B_n , de l'intersection de $n-3$ quadriques variables du faisceau tangentiel défini par 2 quadriques fixes, mais quelconques, passant par B_n .

Une quadrique quelconque du faisceau ponctuel défini par B_n coupe la développôide D_n suivant une variété ⁽³⁾ réglée $V_{n-2}^{8(n-2)}$, qui est $(n-3)$ -développôide. Elle se projette, à partir du sommet S_1 d'un cône du 2^e ordre contenant B_n , suivant une développôide, réciproque d'une développôide D_{n-1} , et définie dans E_{n-1} comme lieu des droites qui joignent les points de contact d'un hyperplan tangent commun à deux hyperquadriques.

Enfin la section de D_n par l' E_{n-1} conjugué commun de S_1 par rapport aux quadriques du faisceau B_n , est décomposée suivant la développôide D_{n-1} définie par la B_{n-1} section de la B_n , et une variété double V_{n-2}^4 du 4^e ordre, passant par cette B_{n-1} .

II. *Tangentes principales d'une V_p dans E_n ($p \leq n-2$).* — La définition des tangentes principales peut s'étendre à une variété quelconque V_p dans E_n . Voici les résultats :

1^o $2p < n$. Le lieu des E_p tangents en un point variable M d'une V_p , située dans E_n , est une variété V_{2p} qui est $(2p-1)$ -développôide, c'est-à-dire que l'espace tangent E_{2p} reste le même tout le long d'une tangente quelconque à la V_p passant par M. *Toute tangente est alors principale.* Exemple : V_p est l'intersection V_2^8 de 3 hyperquadriques de l'espace à 5 dimensions.

2^o $2p \geq n$. La méthode employée pour le cas $p = n-2$ du début conduit à l'existence de ∞^r tangentes principales issues d'un point M variable de la V_p dans son E_p tangent ($r = n-p-2$) dont le lieu dans E_n est une variété V_{n-1}^{n-2} -développôide.

Elle se présente ainsi comme un lieu de cônes V_{n-p-1} dont les sommets M décrivent la V_p . Ces cônes sont algébriques.

Le cône générique de sommet M est défini dans E_p comme lieu des droites doubles d'un réseau linéaire de dimension $r+1 = n-p-1$ de cônes du

⁽²⁾ Une variété h -développôide admet h arêtes (*Thèse de L. Gauthier*).

⁽³⁾ Elle se réduit à 8 droites, comme on sait, pour $n=3$.

second ordre de sommet M , formés par les cônes des tangentes pour les sections par l' E_p tangent en M à la V_p , des variétés qui la contiennent.

La base dans un E_{p-1} est le lieu des points doubles d'un réseau linéaire ∞^{n-p-1} de quadriques de cet espace, soit une variété algébrique de dimension $n-p-2$ dont l'ordre vaut C_p^{n-p-1} .

Exemple. — Pour une V_3 dans E_6 le cône de sommet M a pour base une cubique plane située dans l' E_3 tangent en M à la V_3 .

HYDRODYNAMIQUE. — *Étude du frottement superficiel longitudinal sur un fil en régime turbulent.* Note (1) de M. **PIERRE HEYMES**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *Méthode de mesure.* — On mesure par pesée la traction exercée sur un fil par un fluide s'écoulant parallèlement à l'axe de ce fil. Le fil est suspendu au fléau d'une balance N (fig. 1). La mesure s'effectue de la façon suivante : on

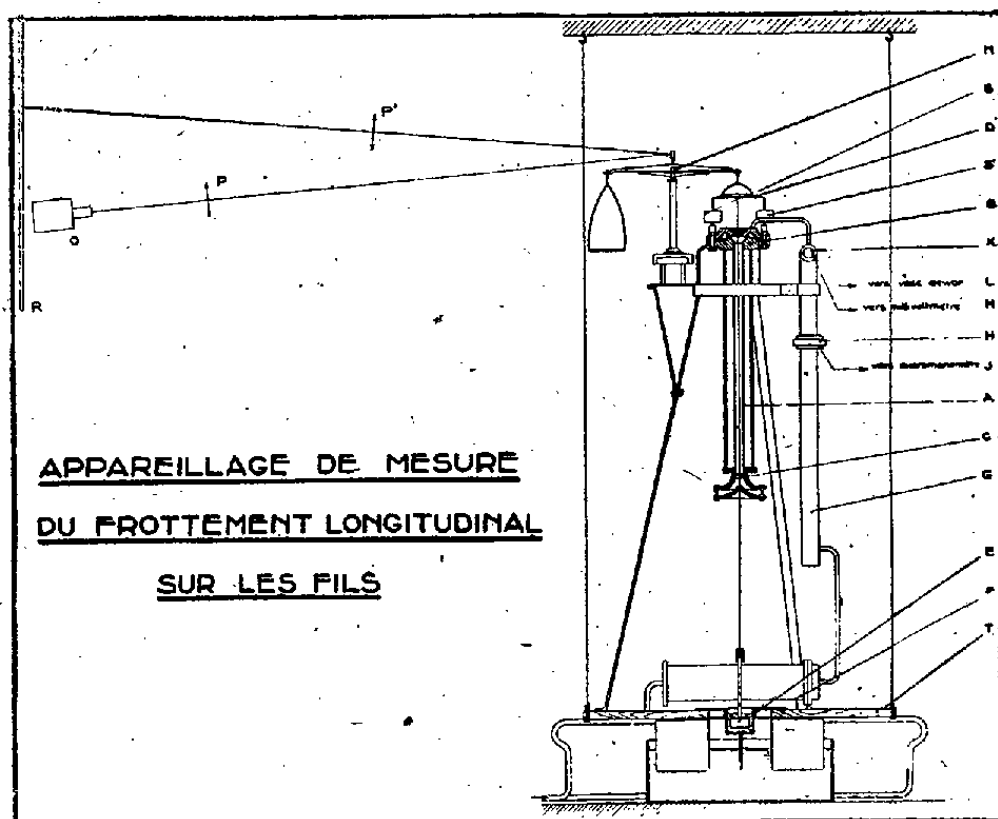


Fig. 1.

établit l'équilibre en faisant agir le fluide sur le fil et, lorsque l'on fait cesser cette action, on rétablit l'équilibre à l'aide de masses M placées sur le plateau porte-fil. M représente la force de traction en grammes-poids exercée par le fluide sur une longueur l de fil. Si R est le rayon du fil, l sa longueur et f le frottement superficiel en dynes/cm², on a immédiatement $M = 2\pi Rlf$ et $f = M/2\pi Rl$.

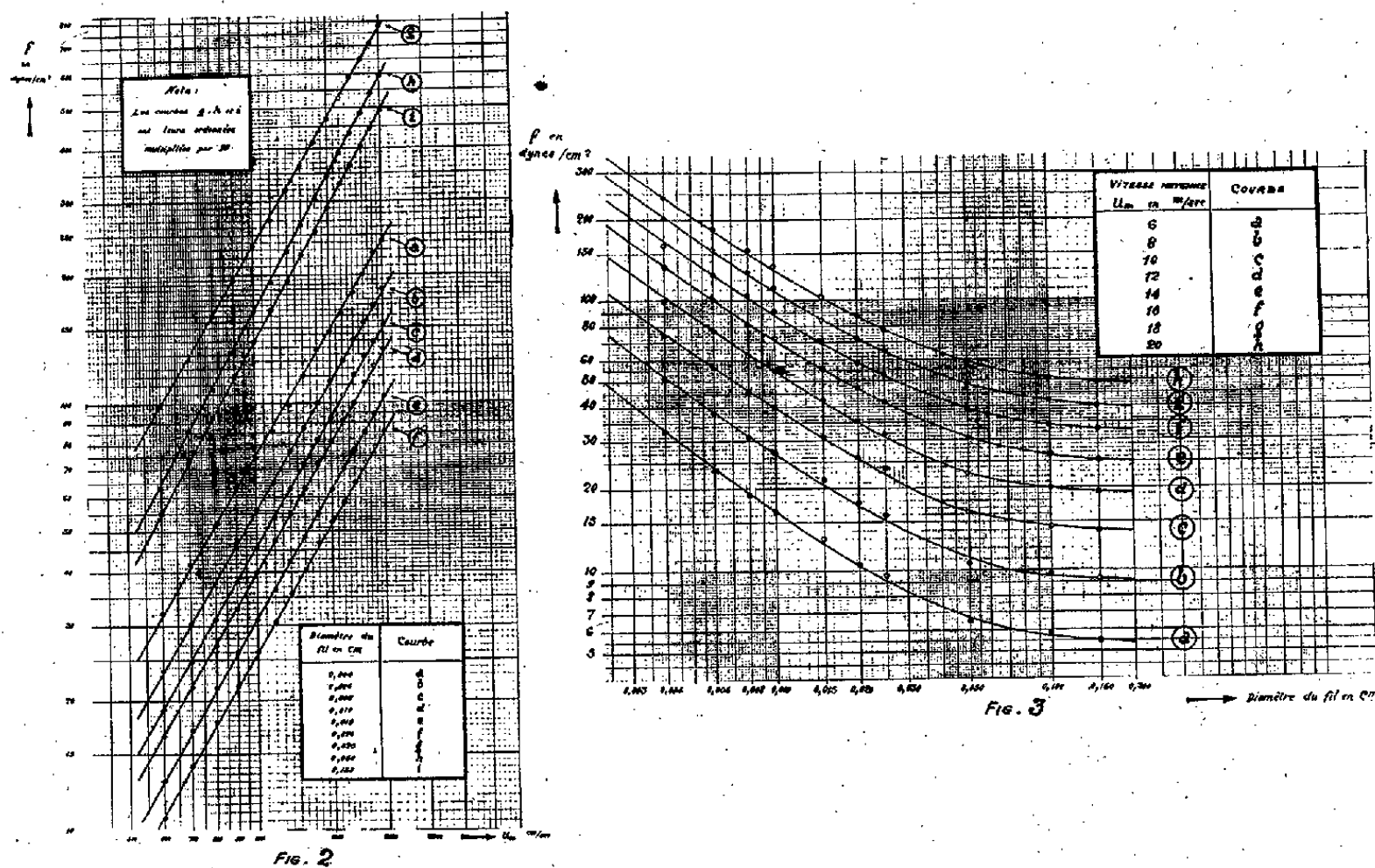
La réalisation pratique de ces mesures est obtenue de la façon suivante : le fil, placé dans un tube de diamètre suffisamment grand pour qu'il n'y ait pas interaction entre le fil et le tube, est soumis au courant fluide sur toute la longueur du tube A . On élimine les effets de bout et la mise en régime dynamique en opérant avec des tubes de longueurs différentes.

(1) Séance du 7 mai 1945.

II. *Description de l'appareillage de mesure (fig. 1).* — Le tube A est maintenu par des tirants entre l'injecteur B et le déflecteur C. Le fil, fixé au plateau D, est tendu dans l'axe de l'ensemble injecteur-tube déflecteur, au moyen de masses E.

Le fluide employé (air comprimé) est envoyé dans un détendeur F muni d'éléments chauffants qui permettent d'opérer avec un fluide de masse spécifique et de viscosité cinématique parfaitement constantes. Son débit est mesuré dans le tube G au moyen d'un débitmètre-tuyère normalisé H. Sur le fléau de la balance est placé un miroir. Un faisceau lumineux issu de la lampe O se réfléchit sur ce miroir et forme à travers les lentilles P et P' un spot sur la règle R. L'ensemble de l'appareil, très sensible aux vibrations, est convenablement amorti.

III. *Courbes et résultats expérimentaux.* — Les mesures ont été faites avec des vitesses s'échelonnant de 6 à 20 m/sec, limites imposées par l'appareil. En dessous de 6 m/sec, l'appareil était insuffisamment sensible pour permettre d'effectuer des mesures correctes. Au-dessus de 20 m/sec le fil commençait à vibrer et les mesures auraient été de ce fait faussées. Comme gamme des diamètres, nous avons choisi des fils s'échelonnant de 0^{mm},04 à 1^{mm},5. Au-dessous de 0^{mm},04 le fil est si fragile que la mise en place et le réglage de



l'appareil étaient pratiquement impossibles. Les fils employés avaient pour diamètres en 1/100 millimètres : 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 50, 100 et 150.

La figure 2 donne le faisceau de courbes relatif au *frottement superficiel* f en fonction de la *vitesse moyenne* u_m , pour différents diamètres. La figure 3 donne le *frottement superficiel* f en fonction du *diamètre du fil*, pour différentes vitesses.

Chacune de ces courbes a été tracée sur papier logarithmique afin de pouvoir obtenir expérimentalement la loi de puissance et la loi du rayon du fil. Les courbes *a*, *b*, *c* et *d* de la figure 2, relatives à de petits rayons, ont une pente de 1,7, ce qui donne une loi de vitesse de la forme $f = Au_m^{1,7}$. Les courbes *e*, *f*, *g*, *h*, *i* de la même figure ont une pente qui s'accroît légèrement pour se rapprocher de la pente 1,8 relative à la loi approchée de puissance du plan; la pente de *f* est 1,74, celle de *g* 1,76 et celle de *h* et *i* 1,8.

La figure 3 montre que, pour les très petits diamètres, la courbe se rapproche très sensiblement d'une droite de pente $-0,7$, tandis qu'elle tend vers une horizontale pour de gros diamètres, quand le cylindre se rapproche du plan. Pour la courbe relative à la vitesse axiale 24,80 m/sec, la valeur de *f* pour un plan serait de 2,1 dynes/cm². Pour de petits diamètres l'ensemble de nos courbes semble justifier l'emploi d'une expression de la forme $f = G \cdot R^{-0,7}$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la représentation analytique des lames déversantes.*

Note de M. **JOSEPH BOUROT**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode d'étude par prolongement analytique des problèmes d'hydro- et d'aérodynamique à deux dimensions que M. Poncin a établie récemment ⁽¹⁾ permet notamment d'étudier les phénomènes de déversement, qui ont, en hydrodynamique, une importance pratique considérable. Cette méthode présente, *a priori*, sur les méthodes employées antérieurement, l'avantage d'assurer l'indépendance des calculs aux différents points de la nappe déversante, ce qui évite l'accumulation d'erreurs difficiles à apprécier et lève par suite toute incertitude sur la valeur des résultats obtenus.

Pour établir les possibilités d'utilisation pratique de la méthode, nous l'avons appliquée au calcul d'un barrage déversoir déjà construit et étudié expérimentalement. Nous disposons à son sujet d'un certain nombre de documents : chronophotographies de l'écoulement, relevé du profil libre sous une charge donnée, en modèle réduit et sur l'ouvrage réel, graphiques de variation des caractéristiques de l'écoulement dans différentes sections de la nappe liquide. Il nous était donc possible de confronter les résultats calculés et les résultats observés et d'apprécier ainsi, en vue d'études ultérieures, la valeur des hypothèses de base, que seule une telle justification *a posteriori* pouvait imposer.

La première opération à réaliser consiste à obtenir une représentation analytique du profil libre qui convienne pour la méthode de calcul proposée. Comme dans tout problème de représentation analytique, les formules adoptées doivent conduire, dans l'intervalle considéré, à des écarts dont l'amplitude maxima ne dépasse pas une limite donnée, mais en outre elles ne doivent introduire dans le domaine de l'écoulement aucune singularité improprie, que ce soit à distance

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 341; 214, 1942, p. 816.

finie ou à distance infinie. Nous appelons *représentation impropre* une représentation introduisant des singularités qui sont dues uniquement à sa forme analytique et ne correspondent à aucune réalité physique. Leur étude est liée à celle de la stabilité des solutions du problème de Cauchy, pour les équations aux dérivées partielles du type elliptique (ici l'équation de Laplace) en fonction du constituant fondamental (ici le profil libre de la nappe déversante) et des conditions aux limites relatives à ce constituant (ici la condition de pression).

Enfin la représentation choisie doit permettre une séparation facile de la partie réelle et de la partie imaginaire pour l'affixe qui correspond à des valeurs complexes du paramètre de représentation.

L'allure générale des phénomènes de déversement nous a conduit, de façon naturelle, à définir la cote du profil libre rapportée au plan de charge par une relation de la forme

$$(1) \quad y = y_0 - k \ln t,$$

où k est égal à la moitié de la distance qui sépare le plan de charge du plan de déversement aval; mais le repérage des sections de bout de la nappe déversante présentait plus de difficultés en raison des conditions imposées. C'est ainsi qu'une représentation par polynôme n'a pu convenir à cause du degré élevé que nécessitait la précision de la représentation. Nous avons par contre obtenu de très bons résultats en appliquant une méthode, dont le principe a été indiqué par M. Vernotte dans ses travaux sur la représentation des lois empiriques ⁽²⁾, par des formules du type

$$(2) \quad A e^{\alpha t} + B e^{\beta t},$$

qui sont particulièrement adaptées aux problèmes de dérivation.

A quatre valeurs de t en progression arithmétique de raison a , la formule (1) fait correspondre quatre valeurs y_i . Le graphique expérimental nous a permis d'en déduire les valeurs correspondantes des x_i . Posant ensuite $z_1 = e^{a\alpha}$, $z_2 = e^{a\beta}$, on démontre que z_1 et z_2 sont racines de l'équation

$$(3) \quad (x_0 x_2 - x_1^2) z^2 - (x_0 x_3 - x_1 x_2) z + (x_1 x_3 - x_2^2) = 0,$$

A et B s'en déduisent par substitution dans la formule (2). Nous avons amélioré la représentation par l'addition d'un terme trigonométrique qui s'annule aux points de base du profil.

Ces calculs sont tout à fait généraux et peuvent s'appliquer à un profil déversant quelconque. Leur application au déversoir étudié nous a conduit à la formule

$$z = A(t) + iB(t) = 15,5 e^{0,06t} - 15,25 e^{-0,384t} - 0,15 \sin \pi(t + 0,4) - 0,1 - 17,2 i \ln t,$$

⁽²⁾ Voir par exemple *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1626.

qui donne des écarts ne dépassant pas $1^{\text{mm}},5$ pour l'oscillation de 34^{cm} , qui correspond à une variation de t entre $-1,6$ et $+1,8$.

A partir de la représentation ainsi obtenue, il nous fallait ensuite établir entre le domaine fluide (z) et le plan auxiliaire complexe (t) une correspondance ponctuelle et biunivoque à partir de la relation

$$x + iy = A(\lambda + i\mu) + iB(\lambda + i\mu)$$

obtenue en considérant (L) comme le constituant fondamental du plan (z).

A cet effet nous avons construit le réseau (x, y) homologue du réseau cartésien (λ, μ) pour des valeurs de λ et de μ variant en progression arithmétique entre les limites $-1,6 < \lambda < 1,8$ et $0,1 < \mu < 0,7$. Ce réseau couvre, dans ces limites, toute la zone affectée par le déversement. Pour préciser les idées, nous donnons, ci-dessous, un extrait du tableau numérique ainsi obtenu :

λ	μ	0.	-0,2.	-0,4.	-0,6.
-1,6	-24,930	-25,192	-24,909	-24,056
		15,822	11,173	6,700	2,428
-0,4	-4,230	-7,065	-9,777	-
		6,535	4,438	2,928	-
+0,4	3,615	0,712	-	-
		-6,535	-8,442	-	-
+1,6	10,972	10,505	10,180	10,058
		-15,852	-16,750	-17,777	-18,840

CAPILLARITÉ. — *Formule traduisant la diminution de tension superficielle de certaines solutions en fonction du temps.* Note de M. AUGUSTIN BOUTARIC et M^{lle} PAULETTE BERTHIER, présentée par M. Léon Binet.

1. Lecomte du Noüy ⁽¹⁾ a signalé que la tension superficielle d'un certain nombre de solutions à grosses molécules dissoutes diminue en fonction du temps. Pour traduire cette variation, nous avons proposé ⁽²⁾ la formule simple

$$(1) \quad \gamma - L = (\gamma_0 - L)e^{-at}$$

où γ_0 désigne la valeur initiale de la tension superficielle, L sa valeur limite et a un coefficient lié à la nature des solutions. La formule fournit des indications en accord suffisant avec l'expérience dans un certain nombre de cas, à condition de l'appliquer à des valeurs de t qui ne soient pas trop petites.

A. Dognon et L. Gougerot ⁽³⁾ ont indiqué que, dans beaucoup de cas, la relation empirique

$$(2) \quad \gamma - L = (\gamma_0 - L)e^{-a\sqrt{t}}$$

était d'un meilleur accord avec l'expérience, surtout pour de faibles valeurs de t .

⁽¹⁾ *Équilibres superficiels des solutions colloïdales*, Paris, 1929, p. 46.

⁽²⁾ *J. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 1.

⁽³⁾ *Ibid.*, 40, 1943, p. 127.

Aucune considération théorique simple ne paraissant justifier l'introduction de la puissance $1/2$ du temps (\sqrt{t}) dans l'exponentielle, nous avons envisagé la formule plus générale

$$(3) \quad \gamma - L = (\gamma_0 - L)e^{-at^n},$$

dans laquelle n désigne un exposant dont la valeur devra être fixée pour chaque solution envisagée.

2. La formule (3) renferme quatre coefficients.

Pour de faibles valeurs de t , on peut limiter le développement de la fonction exponentielle à ses deux premiers termes

$$(4) \quad \gamma_0 - \gamma = (\gamma_0 - L)at^n,$$

c'est-à-dire

$$\log(\gamma_0 - \gamma) = \log a(\gamma_0 - L) + n \log t;$$

l'exposant n est le coefficient angulaire de la droite représentant $\log(\gamma_0 - \gamma)$ en fonction de $\log t$ pour de faibles valeurs de t (inférieures à 10 minutes). Par approximations successives on déterminera à la fois les valeurs de γ_0 et de n .

Pour le calcul de L on peut généraliser la relation que nous avons proposée à propos de la formule (1)

$$L = \frac{\gamma_2\gamma_0 - \gamma_1^2}{\gamma_0 + \gamma_2 - 2\gamma_1},$$

où γ_1 et γ_2 représentent les tensions relatives à deux valeurs t_2 et t_1 du temps, telles que l'on ait $t_2 = 2t_1$.

La même relation convient pour la formule (3) en prenant pour γ_1 et γ_2 les valeurs de γ se rapportant à des temps t_1 et t_2 tels que l'on ait $t_2^n = 2t_1^n$, soit $\log t_2 = \log t_1 + (1/n) \log 2$. Adoptant pour γ_2 la valeur relative à $t_2 = 60$ min, on sera ainsi conduit à prendre pour γ_1 la valeur de γ relevée pour la valeur de t_1 définie par la relation précédente sur le graphique représentant la variation de γ en fonction de t .

Ayant déterminé les coefficients γ_0 , L et n , on vérifiera que $\text{Log}_e(\gamma - L)$ varie linéairement en fonction de t^n , le coefficient angulaire de la droite fournissant la valeur de a .

3. A titre d'exemple voici les valeurs des coefficients précédents relatifs à une solution de sels biliaries dans l'eau distillée sous diverses concentrations c (en g/litre).

c .	γ_0 .	L .	n .	a .
1.....	46,7	36,0	0,33	0,37
0,5.....	47,6	37,1	0,81	0,15
0,25.....	52,5	38,0	0,97	0,08
0,10.....	65,0	51,2	1,13	0,06

On voit que l'exposant n varie notablement lorsque la concentration passe de 1 à 0,1 g/litre.

Nous avons également observé des variations appréciables de n en fonction du pH pour des solutions de sérum-albumine et d'ovalbumine.

CHALEUR. — *Mesure du facteur de forme dans les fours à induction sans noyau magnétique.* Note ⁽¹⁾ de MM. GUSTAVE RIBAUD et MAURICE LEBLANC, présentée par M. Aimé Cotton.

Le calcul de la chaleur développée dans un corps conducteur placé dans un champ inducteur alternatif est facile lorsque le corps affecte la forme d'une sphère et également d'un cylindre de révolution très allongé (cylindre indéfini) ou d'un ellipsoïde de révolution dont l'axe est dirigé parallèlement au champ inducteur. Nous n'envisagerons ici que le cas pratique où l'épaisseur de *peau* dans la substance est négligeable par rapport au rayon; le calcul se ramène à rechercher la répartition des courants induits qui produit, à l'intérieur de la substance, un champ induit égal et de sens contraire au champ inducteur.

Si l'on a affaire à une portion d'un cylindre *indéfini* de hauteur h , de diamètre d , de résistivité ρ , placé dans un solénoïde possédant n_1 spires par centimètre et parcouru par un courant I de fréquence f , la densité induite est égale à $n_1 I$ et la portion considérée présente une résistance apparente donnée par la formule ⁽²⁾

$$R = 2\pi^2 n_1^2 dh \sqrt{\rho f}.$$

Pour une sphère de diamètre d , la densité induite a pour valeur $3/2 n_1 I \sin \theta$ (θ , distance angulaire de l'élément considéré à l'axe de révolution), et la résistance apparente s'exprime par la relation

$$R = 3\pi^2 n_1^2 d^2 \sqrt{\rho f}.$$

On voit qu'elle est égale à 1,5 fois celle d'un élément de cylindre indéfini de diamètre d et de hauteur h ; nous conviendrons avec Radulet ⁽³⁾ d'appeler *facteur de forme* de la sphère le rapport 1,5. De façon générale le facteur de forme k_f d'un solide de révolution, dont le plus grand diamètre est d et la hauteur h , sera le rapport entre l'énergie développée à son intérieur et celle développée dans une hauteur h d'un cylindre indéfini de diamètre d de même substance placé dans le même champ. La résistance apparente d'un tel solide aura dès lors pour expression

$$R = 2k_f \pi^2 n_1^2 dh \sqrt{\rho f}.$$

⁽¹⁾ Séance du 7 mai 1945.

⁽²⁾ G. RIBAUD, *Journal de Physique*, 4, 1923, p. 185.

⁽³⁾ *Thèse*, Zurich, 1931.

Dans la pratique du chauffage par induction la substance affecte la forme d'un cylindre de révolution, de hauteur finie. Le calcul rigoureux de la résistance apparente d'un tel cylindre est impossible; on a tenté diverses approximations ⁽⁴⁾, mais elles n'ont pas conduit à un accord acceptable. Par exemple un cylindre, de hauteur égale au diamètre ($h/d=1$), peut être assimilé à une sphère; suivant que l'on adopte la sphère de même volume ou de même surface que le cylindre, on trouve pour le facteur de forme les valeurs 1,96 et 2,25; une autre approximation tentée par Radulet conduit à la valeur 2,53.

Nous avons été amenés à entreprendre une mesure expérimentale directe des facteurs de forme de corps géométriques divers, en particulier de cylindres de révolution. On pourrait être tenté d'utiliser comme solide de référence un cylindre très long; mais, même pour des hauteurs h/d voisines de 10, le facteur de forme reste nettement supérieur à l'unité et ne peut être précisé. Il nous a paru bien préférable d'employer la sphère comme volume de référence; par exemple, pour obtenir le facteur de forme d'un cylindre de hauteur égale au diamètre, on déterminera par deux mesures calorimétriques les quantités de chaleur dégagées, dans un temps donné, au sein d'un tel cylindre et au sein d'une sphère de même diamètre; si A est le rapport de ces deux quantités de chaleur, le facteur de forme sera égal à $1,5 A$.

Les mesures calorimétriques ne comportent aucune difficulté spéciale; le corps à étudier est plongé dans l'eau au sein d'un tube en verre calorifugé; l'enroulement du four parcouru par un courant d'eau de la ville, définit la température ambiante régissant le refroidissement ou l'échauffement du vase calorimétrique. On élimine autant qu'il se peut les corrections calorimétriques en utilisant, au début de l'opération, une température de l'eau du calorimètre inférieure de 2 à 3° à celle de l'enroulement; les échauffements mesurés étaient d'environ 5 degrés (on réglait en conséquence la valeur du courant haute fréquence dans l'enroulement). Ces échauffements ont été mesurés d'une part avec un thermomètre à mercure de précision et d'autre part au moyen d'un couple thermoélectrique cuivre-constantan.

Le four était alimenté par un générateur à lampes fournissant une fréquence d'environ 700 000; bien entendu d'une mesure à l'autre on s'assurait que cette fréquence ne variait pas. Les corps de révolution utilisés, de diamètre de 20^{mm}, étaient taillés dans une même barre de laiton; l'épaisseur de peau, 0^{mm},2, était négligeable par rapport au rayon.

Nos mesures ont porté sur des cylindres présentant des rapports h/d variables entre 0,50 et 10 et sur divers solides rencontrés dans la pratique du four à haute fréquence (cylindres creux, demi-sphère, calotte sphérique, tronc

⁽⁴⁾ *Op. cit.*; MARC JOUGUET, *Thèse*, Paris, 1944.

de cône). On trouvera les valeurs des facteurs de forme dans le tableau ci-dessous.

Solide géométrique de révolution.	Facteur de forme.	Solide géométrique de révolution.	Facteur de forme.
Cylindres pleins		Cylindres creux ($h/d = 1$)	
$h/d = 0,50$	3,25	épaisseur... 3mm.....	2,00
» 1,00.....	2,15	» 2.....	1,93
» 2.....	1,53	» 1,5.....	1,90
» 4.....	1,25	» 1.....	1,85
» 10.....	1,09	Tronc de cône ($h/d = 1$)	
Demi-sphère.....	1,41	$d'/d = 0,8$	1,85
Calotte sphérique $h/d = 1,3$	1,39	» 0,6.....	1,65

PHYSIQUE. — *Sur la variation de la pression totale des gaz au sein d'une flamme stationnaire.* Note de M. NUMA MANSON, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Nous avons mesuré la pression totale relative ΔP_T des gaz au sein de flammes stationnaires de mélanges (A) $C^2H^2 + 2,5 O^2$; (B) $C^2H^2 + 1,5 O^2$; (C) $C^2H^2 + O^2$; (D) $C^2H^2 + 5$ Air; (E) $C^2H^2 + 11,9$ Air; (F) gaz de ville + $0,88 O^2$ et (G) gaz de ville + $0,64 O^2$.

L'appareil de mesure était constitué par une plaque massive en cuivre percé d'un orifice cylindrique de 1^{mm} de diamètre relié à un manomètre à inclinaison variable à eau. En déplaçant cette plaque (l'axe de la flamme coïncidant avec l'axe de l'orifice), nous avons constaté que, lorsque la distance d de la plaque au sommet du *cône bleu* croît, ΔP_T passe par un minimum, puis par un maximum (*fig. 1 et 2*) d'autant plus accusés que la vitesse D de propagation de la flamme est plus élevée. Le minimum et le maximum de ΔP_T ont lieu pour des valeurs de d d'autant plus petites que le débit en mélange combustible est plus grand. Dans le cas du mélange (C) le minimum de ΔP_T a lieu pour des valeurs de d voisines de celle qui correspond au maximum de température de la flamme (4 à 6^{mm})⁽¹⁾. Les valeurs du minimum et du maximum de ΔP_T croissent régulièrement avec le débit du mélange combustible, et leur mesure peut servir pour l'évaluation de la *dureté* ⁽²⁾ de la flamme.

En déplaçant l'axe de l'orifice de la prise de pression par rapport à l'axe de la flamme nous avons étudié, dans le cas du mélange (C), la variation de ΔP_T dans les plans correspondant au minimum et au maximum de ΔP_T (*fig. 3*).

II. L'expression de la pression totale P_T de gaz brûlés au sommet du *cône*

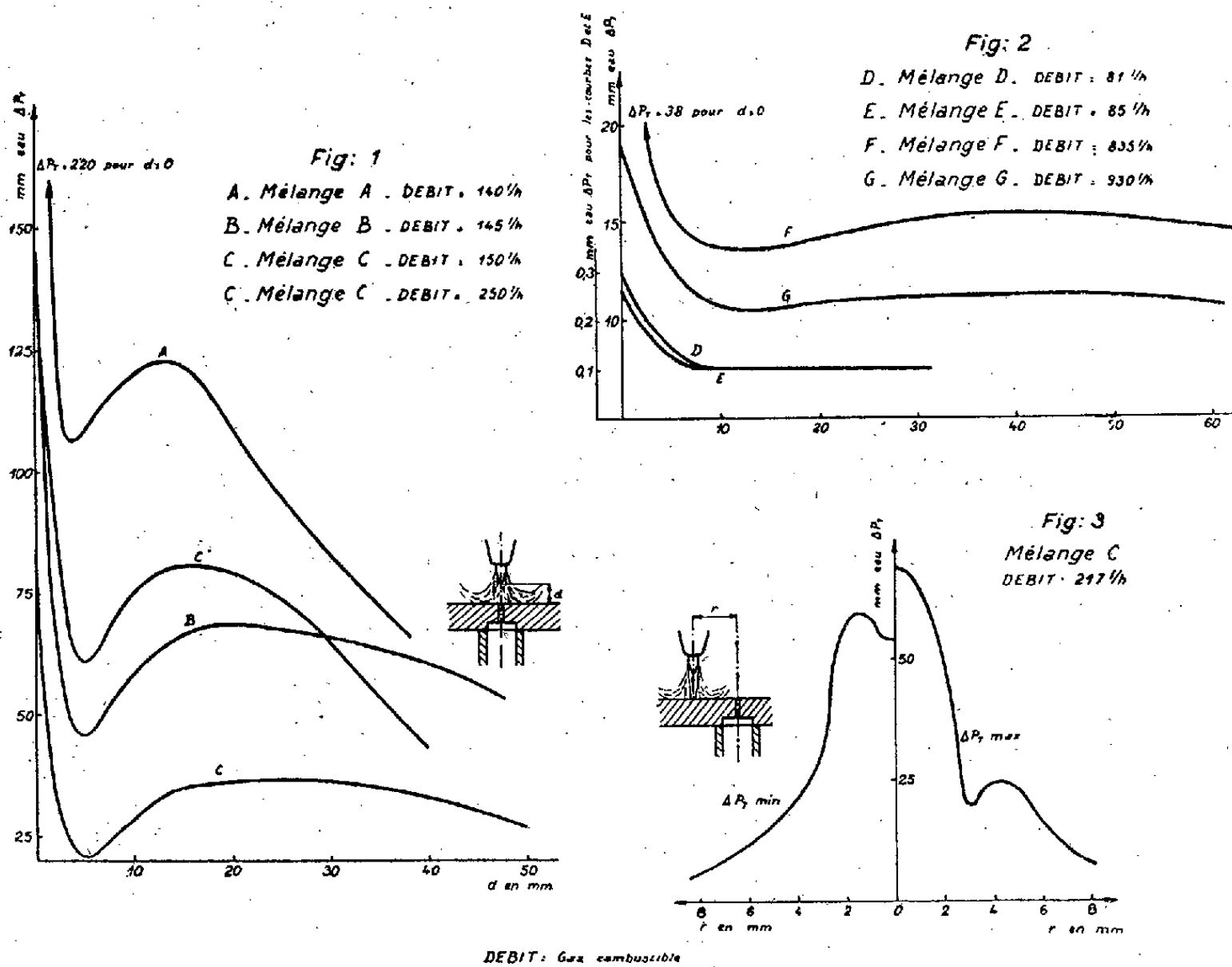
⁽¹⁾ HENNING et TINGWALDT, *Zeits. Physik*, 48, 1928, p. 48.

⁽²⁾ Par exemple pour les flammes utilisées dans les opérations de soudage, où il importe beaucoup que le métal fondu ne soit ni chassé ni brassé par les gaz brûlés.

bleu étant ⁽³⁾

$$P_T = p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 u_2^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho_1 \frac{\rho_1}{\rho_2} u_1^2,$$

nous pouvons évaluer la pression totale relative P_T en supposant en première approximation p_2/p_a (p_a pression ambiante) et $\rho_1/\rho_2 = n_2 T_2/n_1 T_1$.



En outre, pour le filet central au sommet du *cône bleu*, — u_1 étant égal à D vitesse de propagation de la flamme déterminée par la méthode de Gouy ⁽⁴⁾, n_2 et T_2 étant calculés ⁽⁵⁾ au préalable nous avons trouvé, dans le cas de mélanges étudiés, les valeurs de ΔP_T suivantes :

Mélange.....	(A).	(B).	(C).	(D).	(E).	(F).	(G).
D m/sec ⁽⁶⁾	13,5	9,4	7,0	1,25	0,7	7,0	6,5
ΔP_T (millimètres d'eau)....	140	98	59	0,7	0,3	25	21

qui sont bien de l'ordre de grandeur des valeurs de ΔP_T mesurées. L'accord

⁽³⁾ Nous adoptons ici les notations de Jouguet (*Mécanique des Explosifs*, Paris, 1917).

⁽⁴⁾ GOUY, *Ann. Chim. Phys.*, 18, 1879, p. 5.

⁽⁵⁾ G. RIBAUD, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 369; ROCHAN ZAER, *Thèse*, Paris, 1935; N. MANSON, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 29.

⁽⁶⁾ D'après BECKER BRÜCKNER et MANTHEY, *Aut. Metallbearb.*, 1^{er} septembre 1936, xvii, p. 257, sauf en ce qui concerne les mélanges (C) et (D) (mesures personnelles).

paraît être d'autant meilleur que le *cône bleu* est plus régulier (flammes douces).

III. Au moyen d'une prise de pression (orifice cylindrique de 1^{mm} de diamètre) percée à 1^{mm} du bord d'une cornière en cuivre, à larges ailes et disposée de manière que l'axe de la flamme coïncide avec l'aile de la cornière comportant l'orifice, l'autre aile étant l'aile perpendiculaire à cet axe, nous avons mesuré la dépression statique relative ΔP_2 dans le cas du mélange C. La courbe $\Delta P_2 = f(d)$ (d distance entre le sommet du *cône bleu* et l'axe de la prise de pression) passe par une suite de minima et de maxima dont la valeur (5 à 25^{mm} d'eau) dépend du débit du mélange combustible (200 à 500 l/h). On constate en particulier que le premier maximum et le second minimum de Δp_2 ont lieu pour des valeurs de d respectivement voisines de celles qui correspondent aux minimum et maximum de ΔP_T .

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur un procédé nouveau de mesure de l'intensité du courant de saturation d'une cathode à oxydes.* Note de M. ROBERT CHAMPEIX, présentée par M. Camille Gutton.

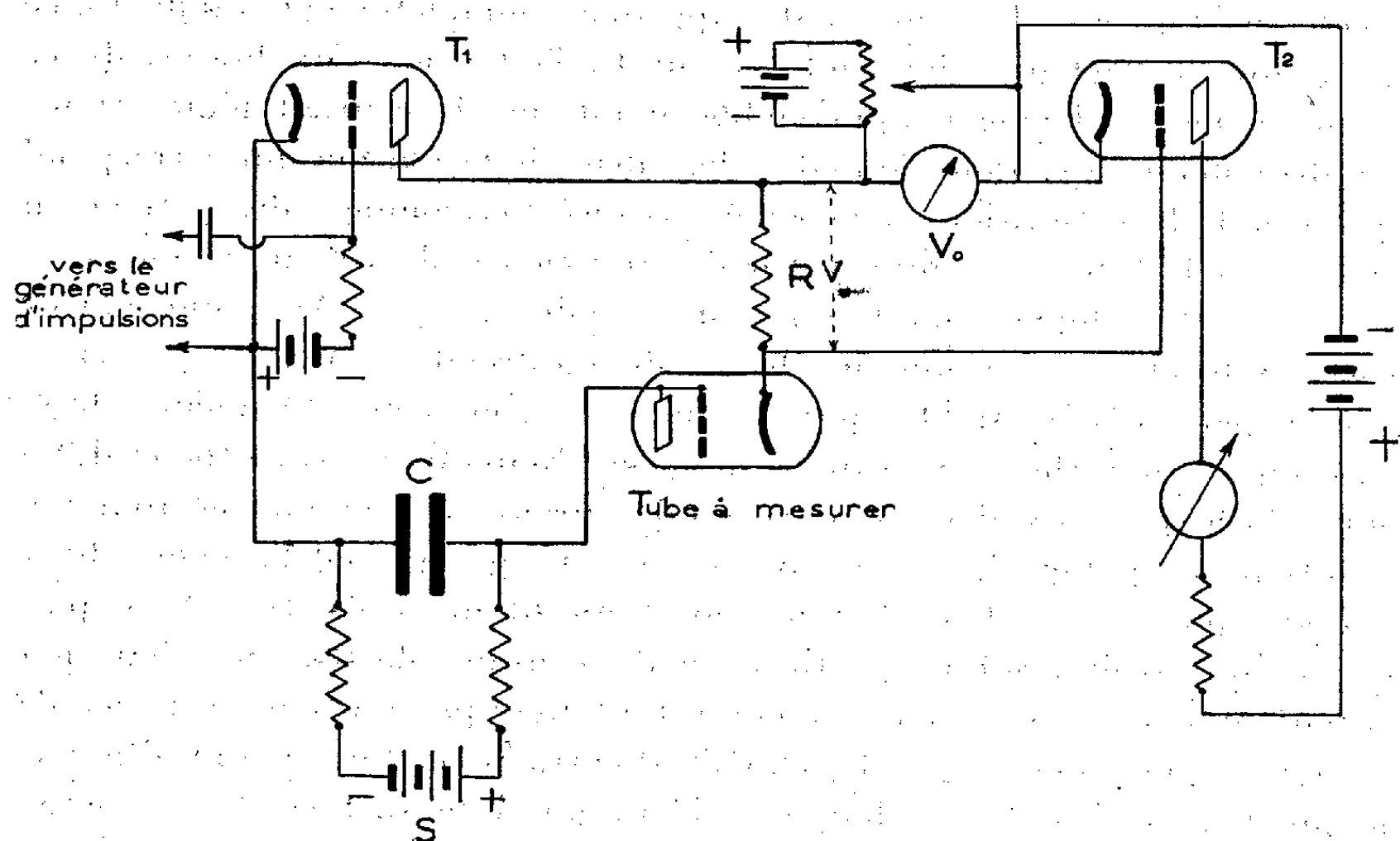
I. Nous nous sommes proposé de mesurer, pour une température voisine de 1000° K., l'intensité du courant de saturation d'une cathode en nickel recouverte d'un mélange d'oxydes de baryum et de strontium, afin d'en étudier les constantes thermioniques. Cette intensité est assez élevée, de l'ordre de plusieurs ampères par centimètre carré et, du fait de la charge d'espace importante qui en résulte, on ne peut atteindre le courant de saturation qu'en appliquant entre la cathode et une autre électrode du tube à vide un champ accélérateur de l'ordre de 10 000 volts par centimètre. On conçoit que cette mesure ne puisse être faite directement, car le tube serait détruit par un échauffement exagéré.

Pour connaître le courant de saturation, nous avons mis au point un procédé de mesure basé sur la décharge d'un condensateur. Nous limitons ainsi l'énergie dissipée dans le tube à vide. Le condensateur C, chargé à une tension réglable à volonté, se décharge dans l'intervalle cathode-grille du tube, une fois par seconde. La décharge est commandée par un thyatron T₁.

On sait qu'un thyatron est un tube électronique constitué par une cathode chaude recouverte d'oxydes, une grille et une anode, dans un gaz à basse pression. L'anode du thyatron étant portée à un potentiel positif par rapport à la cathode et la grille à un potentiel négatif, le courant anodique ne peut s'amorcer que si le potentiel de la grille tombe au-dessous d'une certaine valeur.

Lors de la mesure, la grille du thyatron T₁ est normalement portée à un potentiel négatif élevé, qui empêche le passage du courant anodique et par conséquent la décharge du condensateur. Toutes les secondes,

une impulsion produite par un oscillateur à relaxation diminue le potentiel de la grille du thyatron T_1 , ce qui permet au condensateur C de se décharger. Le tube à mesurer T étant placé en série dans le circuit de décharge, le



courant qui parcourt ce circuit pendant la décharge du condensateur se trouve limité par le courant de saturation de ce tube.

II. Le problème se réduit alors à la mesure de l'amplitude d'un courant intermittent, de durée très brève et d'une période de l'ordre de la seconde. Pour cela, nous avons monté un autre thyatron T_2 en voltmètre de crête. Nous avons intercalé sur le parcours du courant de saturation à mesurer une résistance R , de quelques ohms, exempte d'inductance. La différence de potentiel qui se développe aux bornes de cette résistance est appliquée entre la cathode et la grille du thyatron de mesure T_2 . D'autre part, dans ce dernier tube la grille est portée par rapport à la cathode à un potentiel réglable. Le sens de la tension V que le courant de saturation développe aux bornes de la résistance R a été choisi de telle sorte que, s'ajoutant algébriquement à la tension de polarisation permanente de la grille, il en résulte une diminution du potentiel négatif de la grille par rapport à la cathode. La tension anodique du thyatron de mesure T_2 étant fixe, on interrompt la décharge du condensateur C , et l'on recherche quelle valeur l'on doit donner à la tension négative de la grille du thyatron de mesure pour obtenir l'amorçage du courant anodique. Soit V_0 cette valeur. Puis, le système de décharge du condensateur étant en fonctionnement, on constate que l'amorçage du thyatron de mesure se produit pour une tension de grille V_1 supérieure en valeur absolue à V_0 . On en déduit que

l'amplitude de la différence de potentiel V que le courant de saturation développe aux bornes de la résistance R est égale à $V = V_1 - V_0$.

Le courant de saturation est donc $I = (V_1 - V_0)/R$.

III. Du fait que l'on ne peut supprimer complètement l'inductance du circuit de décharge du condensateur C , la tension aux bornes de ce dernier a baissé de façon appréciable avant que le courant n'ait atteint sa valeur maximum. Pour connaître la valeur de la tension qui correspond au courant de saturation, nous avons réalisé l'étalonnage du système en remplaçant le tube à mesurer T par des résistances de valeur connue.

Nous avons adopté pour C une capacité de $0,25 \mu F$. Avec une valeur aussi faible et une tension de charge de l'ordre de 500 volts, l'énergie mise en jeu est assez faible pour que nous n'ayons constaté aucune détérioration de la cathode du tube à mesurer. Nous avons tracé pour différentes cathodes à oxydes les courbes du courant électronique en fonction de la tension appliquée, et nous avons constaté qu'elles ont la même allure générale que les courbes obtenues avec un filament de tungstène pur. Il y a donc réellement une saturation du courant électronique émis par les cathodes à oxydes. Il est à noter toutefois qu'en vertu de la loi de Schottky, qui prévoit que le travail d'extraction d'un métal diminue lorsque l'on augmente le champ accélérateur à la surface de ce métal, le courant de saturation augmente lorsque l'on accroît la différence de potentiel mise en jeu. Ce phénomène est beaucoup plus sensible avec les cathodes à oxydes qu'avec les métaux purs, en raison des fortes tensions nécessaires pour obtenir le courant de saturation.

MAGNÉTISME. — *Loi d'approche à la saturation d'un ferromagnétique à aimantation spontanée irrégulière*. Note (1) de M. LOUIS NÉEL, transmise par M. Aimé Cotton.

Soit un ferromagnétique, en moyenne isotrope, dont l'aimantation spontanée \mathcal{J}_s varie irrégulièrement autour d'une valeur moyenne \mathcal{J}_m . Négligeons les couplages avec le réseau cristallin : seuls s'opposent alors à la saturation les champs démagnétisants transversaux internes dus à la non-uniformité de l'aimantation. \mathcal{J}_s peut s'écrire

$$(1) \quad \mathcal{J}_s = \mathcal{J}_m + \sum_{pqr} i_{pqr} \exp \frac{2i\pi}{L} (px + qy + rz),$$

où le signe somme est étendu, ici comme dans la suite, à toutes les valeurs entières de p, q, r et où L est une distance grande vis-à-vis de la période moyenne des irrégularités. Comme \mathcal{J}_s est réel, on a $i_{-p, -q, -r} = i_{pqr}^*$. Comme

(1) Séance du 7 mai 1945.

il existe une infinité de développements du type (1) correspondant pratiquement à la même substance, il importe de connaître plutôt les valeurs probables des i_{pqr} que leurs valeurs réelles pour un développement donné. En outre, si la substance est isotrope, cette loi de probabilité ne dépend que du seul paramètre $\rho^2 = p^2 + q^2 + r^2$: en particulier il en est de même de la valeur moyenne $\overline{i_{pqr} i_{pqr}^*}$ du produit $i_{pqr} i_{pqr}^*$, qu'on peut donc poser égale à i_ρ^2 . Naturellement $\overline{i_{pqr}} = 0$. Le carré moyen $\overline{\mathcal{J}_s^2}$ de \mathcal{J}_s , relatif à toutes les valeurs de xyz et à tous les développements possibles, s'écrit alors

$$(2) \quad \overline{\mathcal{J}_s^2} = \mathcal{J}_m^2 + \sum_{pqr} i_\rho^2.$$

Sous l'action d'un champ intense H , parallèle à Oz , les composantes de l'aimantation deviennent

$$(3) \quad \mathcal{J}_x = \alpha \mathcal{J}_m; \quad \mathcal{J}_y = \beta \mathcal{J}_m; \quad \mathcal{J}_z = \mathcal{J}_s,$$

où α et β sont des infiniment petits du premier ordre. Si V est le potentiel dont dérive le champ, les équations locales d'équilibre de l'aimantation spontanée s'écrivent

$$(4) \quad \alpha H = -\frac{\partial V}{\partial x}; \quad \beta H = -\frac{\partial V}{\partial y}.$$

Mais le potentiel satisfait à l'équation de Poisson. On trouve ainsi

$$(5) \quad V = \sum_{pqr} \frac{2iLr}{r^2 + a(p^2 + q^2)} i_{pqr} \exp \frac{2i\pi}{L} (px + qy + rz),$$

en posant

$$(6) \quad a = 1 + \frac{4\pi \mathcal{J}_m}{H}.$$

Connaissant V , on en déduit α et β par les relations (4) et finalement, comme valeur moyenne de la composante de l'aimantation suivant la direction du champ,

$$(7) \quad \overline{\mathcal{J}} = \mathcal{J}_m \left[1 - \frac{8\pi^2}{H^2} M \sum_{pqr} i_\rho^2 \right],$$

avec

$$(8) \quad M = \frac{2a+1}{2a(a-1)^2} \sqrt{\frac{a}{a-1}} \arg \operatorname{th} \sqrt{\frac{a-1}{a}} - \frac{3}{2} \frac{1}{(a-1)^2}.$$

La loi d'approche prend alors la forme

$$(9) \quad \overline{\mathcal{J}} = \mathcal{J}_m \left[1 - \frac{1}{2} \frac{\overline{\mathcal{J}_s^2} - \mathcal{J}_m^2}{\mathcal{J}_m^2} (a-1)^2 M \right].$$

On en déduit la loi d'approche d'une substance contenant des cavités ou des inclusions non magnétiques, irrégulièrement mais isotropiquement réparties.

Soient v le volume relatif occupé par les cavités et \mathcal{J}_0 l'aimantation spontanée de la substance massive, on a

$$(10) \quad \mathcal{J}_m = (1-v)\mathcal{J}_0; \quad \overline{\mathcal{J}}^2 = (1-v)\mathcal{J}_0^2,$$

d'où, par substitution dans (10),

$$(11) \quad \overline{\mathcal{J}} = \mathcal{J}_m \left[1 - \frac{v}{2(1-v)} (a-1)^2 M \right].$$

Cette formule a été confirmée expérimentalement (Lorin) par l'étude d'échantillons de fer poreux.

Dans les champs supérieurs à 60000 œersteds et dans le cas du fer, la loi (9) est en $1:H^2$, mais, dans les champs de quelques milliers d'œersteds, elle est sensiblement en $1:\sqrt{H}$, si bien qu'il existe un domaine intermédiaire, avec une approche qui est approximativement en $1:H$. Il est donc possible que, dans un nombre étendu de cas, les approches expérimentales en $1:H$, inexplicables jusqu'ici, soient dues à des mécanismes du type étudié plus haut, soit par suite de réelles inégalités d'aimantation, comme il peut en exister dans une solution solide qui n'est pas parfaitement homogène, soit par la présence de cavités ou d'inclusions non magnétiques, comme il en existe toujours inévitablement dans toute substance.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Rotativité moléculaire des acides organiques et de leurs sels*. Note (1) de MM. RENÉ MALLEMAN et FERNAND GUILLAUME, présentée par M. Aimé Cotton.

La rotativité moléculaire de l'acide *acétique* pur (liquide), pour la raie $\lambda = 578 \text{ m}\mu$, est $[\Omega] = 148 \cdot 10^{-6}$ (en radians). À partir des rotativités atomiques de C et de H, déduites directement de l'étude expérimentale des gaz, on calcule la rotativité du groupement fonctionnel acide CO^2H $[\Omega] = 72 \cdot 10^{-6}$. Nous avons montré que cette valeur se retrouvait sensiblement dans les acides homologues supérieurs, mais, pour le premier terme de la série, l'acide *formique*, le groupe CO^2H a la valeur nettement plus grande $[\Omega] = 73 \cdot 10^{-6}$.

Une étude précise des solutions aqueuses d'acide acétique nous permet d'affirmer que la rotativité (calculée par différence avec la rotativité de l'eau), augmente, mais *très peu*, avec la dilution; elle croît de 148 à 150,5 (2) quand on passe de l'acide pur à une solution N (donc relativement très diluée). L'augmentation est du même ordre pour l'acide formique.

D'autre part l'acide *oxalique*, en solution aqueuse, nous a donné $[\Omega] = 162$, soit assez exactement le *double* de la rotativité de CO^2H , déduite du nombre

(1) Séance du 14 mai 1945.

(2) Nous supprimons désormais le facteur 10^{-6} pour alléger l'écriture.

obtenu pour l'acide *formique*, à la concentration équivalente. Mais les acides *succinique*, *malique*, *tartrique* etc. (en solutions aqueuses) conduisent à une valeur plus faible de CO^2H , quasiment égale au nombre trouvé pour l'acide acétique. La rotativité de CO^2H paraît donc nettement supérieure quand il s'agit du premier terme d'une série.

On a, par exemple,

Acide	$d.$	$c.$	$[\alpha].10^5.$	$n.$	$[\Omega].10^5$	$[\Omega].10^5$
					mesuré.	calculé.
succinique.....	1,0168	5,57	34,45	1,3401	26,1	26,0
malique.....	1,0315	8,42	36,03	1,3442	26,55	26,6
tartrique.....	1,0421	9,43	36,80	1,3449	27,1	27,2

L'augmentation de $[\Omega]$ avec la dilution est un peu plus grande pour les acides bibasiques, mais, dans tous les cas, la présence de l'eau ne modifie pas notablement la rotativité de l'acide.

La valeur de $[\Omega]$ pour le groupe fonctionnel CO^2H devant servir de base au calcul des rotativités salines, nous avons jugé utile de la contrôler, en choisissant un cas particulièrement suggestif, celui de l'acide *mellique*, qui renferme six groupes acides CO^2H , directement liés à un noyau benzénique.

L'acide mellique, mis obligeamment à notre disposition par MM. Paul et Jubert, a été très soigneusement purifié et caractérisé par M. Metzger.

Une solution de concentration $c = 45,5$ ($d = 1,210$) nous a fourni la valeur $[\Omega] = 900$.

Or, si l'on calcule $[\Omega]$ en prenant le nombre obtenu directement pour le noyau benzénique, et $6\text{CO}^2\text{H} = 6 \times 72 = 432$, on trouve $[\Omega] = 924$; la différence peut être due, en partie, au fait que nous avons observé une solution relativement concentrée (par rapport à la concentration normale de comparaison), mais l'écart est à peine supérieur aux incertitudes expérimentales (plus grandes que d'ordinaire, vu l'obligation d'opérer sur une faible quantité de matière). Nous verrons d'ailleurs que le résultat est confirmé par la valeur trouvée pour le mellate de K.

Signalons toutefois que, dans l'acide *citrique* (aussi bien que dans les citrates mono-, di- et tripotassiques), on constate une diminution de $[\Omega]$, d'environ 5 % (pouvant provenir de la présence du groupe alcool tertiaire COH).

Enfin l'acide *benzoïque*, observé en solution *alcoolique* concentrée, nous a fourni $[\Omega] = 644$, tandis que la valeur calculée pour des solutions étendues dans l'eau serait $[\Omega] = 654$ ⁽³⁾.

Les acides organiques sont des acides faibles, par conséquent assez peu dissociés en solution aqueuse, tandis que leurs sels alcalins et alcalinoterreux le sont vraisemblablement d'une manière beaucoup plus complète. Il ne semble donc pas permis d'évaluer la rotativité de l'anion en retranchant simplement

(³) L'acide *phénylpropionique*, étudié en solution aqueuse, présente par contre un accroissement considérable de la rotativité normale, comme on devait s'y attendre, vu la conjugaison de la liaison acétylénique avec une double liaison du noyau.

la valeur *normale* de H^(*). Mais l'influence relativement très faible de la dilution permet de supposer que la rotativité de l'anion diffère peu de celle de l'acide *pur*. On est ainsi conduit à prendre pour l'anion CO² une valeur voisine de la rotativité trouvée plus haut pour le groupe neutre CO²H. En attribuant la valeur $[\Omega] = 72$ à l'anion CO² dans l'acide *acétique*, les nombres trouvés pour les solutions salines feront connaître les rotativités des *cations* métalliques.

L'ensemble de nos mesures sur les *acétates* (à la concentration ionique *équivalente* 1,25 N) conduit ainsi aux valeurs suivantes :

Cation...	Na.	K.	Am.	Mg.	Ca.	Zn.	Sr.	Ba.	Cd.	Pb.	Th.
$[\Omega]_{10^6}...$	33	54	88	0 à -5	15	36	40	85	105	585	555

La valeur de K est confirmée par nos mesures sur les formiate, oxalate, tartrate, malate, benzoate, et enfin *mellate* (hexa) de potassium (ce dernier cas est particulièrement concluant).

Au surplus, la série précédente correspond assez bien aux valeurs déduites des nombres relatifs aux chlorures, bromures, sulfates, nitrates.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du carbonate de sodium sur le chloro-4 hydroxy-3 butanoate d'éthyle. Mécanisme de la réaction.* Note de M. RENÉ RAMBAUD, présentée par M. Marcel Delépine.

L'ester CH²Cl—CHOH—CH²—COOC²H⁵, violemment agité en présence d'une solution chaude (90°) de carbonate de sodium à 400^g par litre, prise en telle quantité qu'à une molécule d'ester corresponde une molécule de sel, se transforme, avec un rendement de 50 % en acide *trans*-hydroxy-4 crotonique F 108°⁽¹⁾.

Le mécanisme de cette transformation a pu être élucidé. L'emploi d'un défaut de carbonate mène en effet à des substances diverses, dont la nature diffère suivant les conditions expérimentales, et qu'il est logique de considérer comme des produits intermédiaires de la réaction.

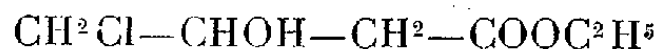
A. Avec des solutions de CO³Na² d'une richesse de l'ordre de 400^g par litre, chauffées à 90°, mais prises en quantité telle qu'à trois molécules d'ester corresponde seulement une molécule de sel, il se forme en prépondérance un produit exempt de chlore, fixant rapidement le brome, légèrement moins volatil que l'ester initial, dont on retrouve d'ailleurs une importante fraction intacte, et de ce fait isolable, bien qu'avec quelque peine, par rectification soignée. Ses constantes : $E_{1,3}$ 119-120°; d 1,077; n_D 1,461 à 17°, ainsi que ses propriétés : *para*-nitrobenzoate fusible à 76°; indice de saponification, 130; acide issu de la saponification F 108°; action de SOCl² menant au

(*) Néanmoins il semble bien posséder cette valeur normale dans les acides purs (liquides), comme le montre très nettement l'exemple du *chlorure d'acétyle*.

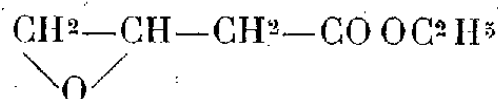
(1) R. RAMBAUD, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 8, 1941, p. 216.

chloro-4 crotonate d'éthyle ⁽²⁾, l'assimilent à un hydroxy-4 buténoate $\text{CH}^2\text{OH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOC}^2\text{H}^5$ (P. M. 130; R. M. mes. 33,12 pour théor. 32,51) déjà entrevu ⁽³⁾ comme le résultat de l'action de l'oxyde d'argent sur le bromo-4 crotonate d'éthyle. Un échantillon pur de cet ester-alcool ayant été préparé par cette dernière méthode, aux fins de comparaison, celle-ci a confirmé l'identité absolue des deux produits dont les spectres Raman, en particulier, n'offrent aucune différence (large raie éthylénique commune à 1666 cm^{-1}).

B. Avec des solutions de CO^3Na^2 d'une richesse voisine de 250° par litre, prises en quantité telle qu'à trois molécules d'ester



corresponde encore une seule molécule de sel, mais chauffées de manière que leur température n'excède jamais 55° ; mieux encore, en agitant énergiquement jusqu'à refroidissement total avec l'ester, pris en quantité voulue, la solution de carbonate primitivement portée à l'ébullition, il se forme en majorité un produit exempt de chlore, apparemment saturé vis-à-vis du brome, beaucoup plus volatil que l'ester initial, dont on retrouve d'ailleurs une forte proportion inaltérée, et isolable aisément de ce dernier par rectification. Ses constantes E_{16} 75,5-76°; d 1,072; n_D 1,427 à 15° , ainsi que ses propriétés : indice de saponification 129; acide issu de la saponification F 108° ; spectre Raman exempt de raie éthylénique, mais présentant une raie intense à 1268 cm^{-1} ; dissolution très rapide, avec échauffement, dans les solutions acides diluées, le caractérisent comme l'époxy-3.4 butanoate



[P. M. 130; R. M. mes. 31,1 pour théor. 31,0; raie du cycle époxy 1270 cm^{-1} selon R. Lespieau et V. Grédy ⁽⁴⁾].

Kelly ⁽⁵⁾ avait cru obtenir un échantillon de ce produit, mais la substance impure qu'il décrit ne correspond pas à la nôtre et l'interprétation qu'il donne de sa nature est très certainement erronée.

C. Agité avec une solution de CO^3Na^2 à 400° par litre, prise en quantité insuffisante vers 90° , l'époxyde se transforme presque exclusivement, par isomérisation, en hydroxy-4 crotonate; ce dernier est alors obtenu pur, d'emblée, par un seul tour de rectification.

D. Agité, dans les mêmes conditions de température et avec la même solution à 400° par litre de carbonate mais prise, cette fois, en quantité suffisante, l'époxyde donne intégralement l'acide hydroxy-4 crotonique F 108° .

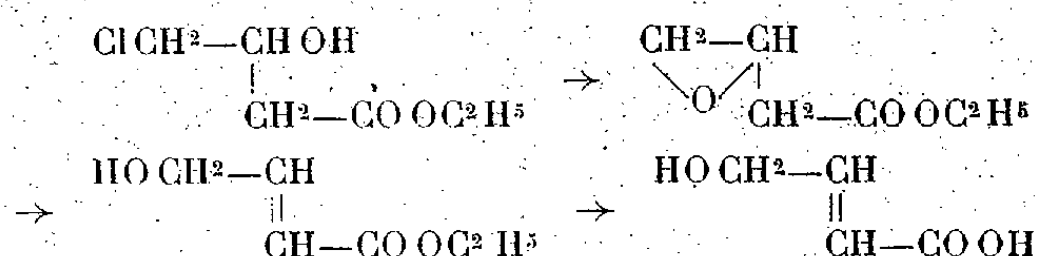
⁽²⁾ R. RAMBAUD et A. BROCHE, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 880.

⁽³⁾ R. RAMBAUD, *Bull. Soc. Chim.*, 3^e série, **1**, 1934, p. 1335.

⁽⁴⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, **53**, 1933, p. 769.

⁽⁵⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 2^e série, **30**, 1878, p. 494.

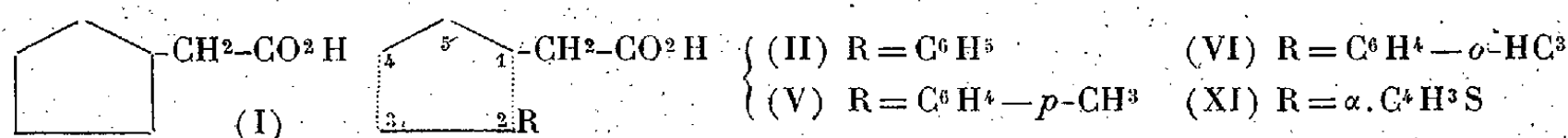
Il est ainsi possible d'assigner à la transformation du chloro-4 hydroxy-3 butyrate d'éthyle en *trans* hydroxy-4 buténoïque, par action des solutions de carbonate de sodium, et sans doute de toutes solutions alcalines, le mécanisme suivant :



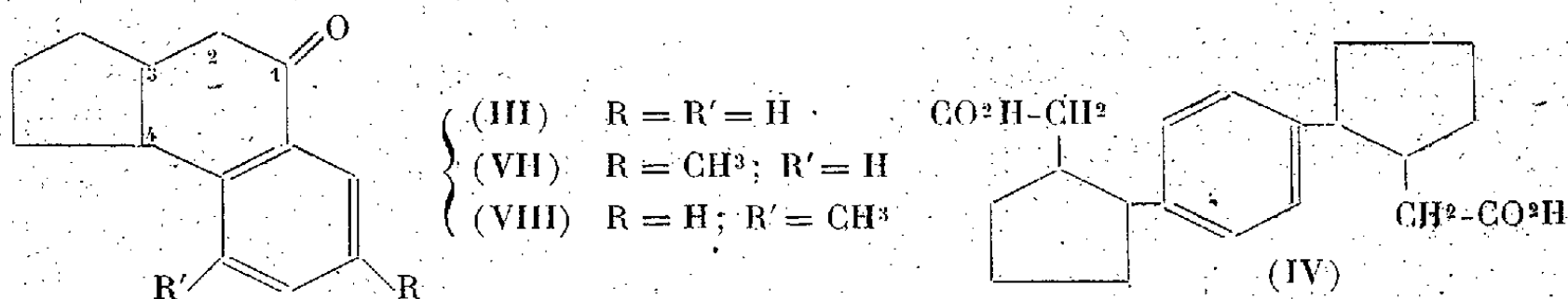
La structure *trans*-éthylénique est prise par la molécule lors de l'isomérisation qui constitue le second stade de la réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Arylation des esters de l'acide Δ_2 -cyclopentényl-acétique*. Noté de MM. **BUU-HOÏ** et **PAUL CAGNIANT**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide allylacétique s'unit au benzène en présence de Cl^3Al en donnant l'acide γ -phénylvalérianique. Le présent travail montre que l'acide Δ_2 -cyclopenténylacétique (I) et ses esters fournissent des réactions analogues. L'ester éthylique de (I) donne en effet, avec le benzène, l'ester éthylique de l'acide

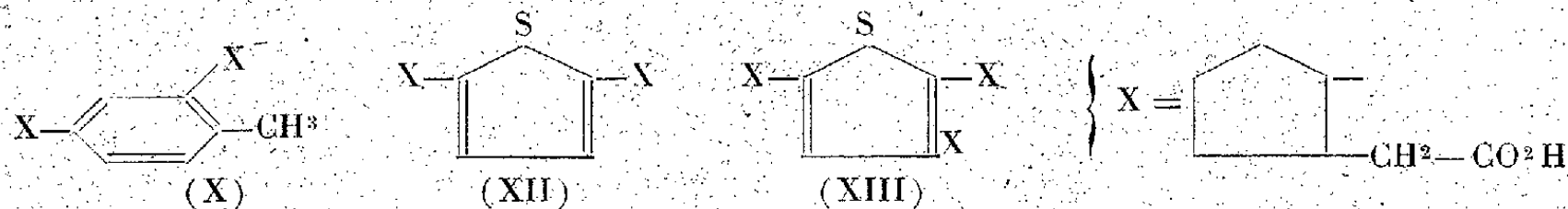


phényl-2 cyclopentylacétique (II). La constitution de (II) est fixée par la cyclisation de son chlorure en triméthylène-3.4 tétralone-1 (III) au moyen de Cl^3Al . Comme produit secondaire de l'arylation, il a été isolé l'ester éthylique de l'acide *p*-phénylène-2.2' *bis*-cyclopentylacétique (IV).



En remplaçant le benzène par du toluène, on aboutit à l'ester éthylique de l'acide *p*-tolyl-2 cyclopentylacétique (V). Ce dernier acide est accompagné d'un isomère liquide, probablement l'acide *o*-tolyl-2 cyclopentylacétique (VI). Les chlorures des acides (V) et (VI) sont cyclisables respectivement en cyclopentano-3.4 méthyl-7 tétralone-1 (VII) et en cyclopentano-3.4 méthyl-5 tétralone-1 (VIII), (VII) ayant pu être réduit en cyclopentano-3.4 méthyl-7 tétraline (IX); un sous-produit de l'arylation au toluène est l'ester éthylique de l'acide *m*-toluylène-2.2' *bis*-cyclopentylacétique (X). L'action du thiophène sur l'ester éthylique de (I) est très vive, et donne, à côté de peu d'ester éthylique de l'acide α -thiényl-2 cyclopenténylacétique (XI), beaucoup d'ester éthylique de l'acide α,α' -thiénylène 2.2' *bis*-cyclopentylacétique (XII), ainsi

qu'une proportion élevée d'ester éthylique de l'acide thiophène-2.2'.2'' *tris*-cyclopentylacétique (XIII).



PARTIE EXPÉRIMENTALE. — 1° *Action du benzène sur l'ester éthylique de (I).* — 20^g de l'ester éthylique de (I) (\bar{E}_{10} 90°), dissous dans 50^g de benzène anhydre déthiophéné, sont traités à température ordinaire et sous agitation par 20^g de Cl^3Al en poudre (durée de l'addition, 15 minutes) : il se produit un vif échauffement, et Cl^3Al se dissout avec une coloration rouge et sans dégagement de ClH . Après refroidissement, on verse dans l'eau glacée et traite comme d'ordinaire. A la distillation, on obtient : *a.* 15^g d'ester éthylique $\text{C}^{15}\text{H}^{20}\text{O}^2$ de (II) sous forme de liquide fluide, incolore, \bar{E}_{20} 190, $n_{20}^{20,5}$ 1,5080, d'odeur aromatique. La saponification par KOH alcoolique (2^h) fournit l'acide libre $\text{C}^{13}\text{H}^{16}\text{O}^2$, \bar{E}_{18} 215-216° (12^g), cristallisant de la ligroïne (très soluble à chaud) en parallélépipèdes allongés ou en aiguilles transparentes fort solubles dans le benzène et l'alcool, et fondant à 67° (aucune trace d'isomère n'a été décelée). Cet acide, traité par SOCl_2 , donne un chlorure $\text{C}^{13}\text{H}^{15}\text{OCl}$, liquide incolore (10^g), \bar{E}_{18} 189-190°, fournissant avec NH_3 concentré l'amide $\text{C}^{13}\text{H}^{17}\text{ON}$ (belles paillettes nacrées, très solubles dans l'alcool, le benzène, l'acétone, insolubles dans l'eau, F 113°). Le chlorure d'acide précédent (5^g), en solution benzénique (25^{cm}^3}), et traité par 5^g de Cl^3Al à froid (vive réaction), donne 3^g de cétone (III) $\text{C}^{13}\text{H}^{14}\text{O}$, liquide incolore, d'odeur agréable rappelant celle des isopropyltétralones, \bar{E}_{20} 190-192°; la *semicarbazone* constitue de belles aiguilles prismatiques incolores, F 194° (de l'alcool); *b.* 5^g d'ester éthylique $\text{C}^{24}\text{H}^{34}\text{O}^4$ de (IV), huile assez fluide, incolore, \bar{E}_{20} 290-295° par KOH en l'acide libre $\text{C}^{20}\text{H}^{30}\text{O}^4$ (fins cristaux prismatiques, très solubles dans l'alcool, peu solubles dans le benzène, fondant à 228-229°). Cet acide, traité par SOCl_2 à 80°, donne un chlorure sous forme d'une huile épaisse, ambrée, réagissant sur NH_3 en donnant la *diamide* correspondante $\text{C}^{20}\text{H}^{32}\text{O}^2\text{N}^2$ (microcristaux incolores F 222°, solubles dans l'acétone, peu solubles dans l'alcool et le benzène).

2° *Action du toluène sur l'ester éthylique de (I).* — 20^g de cet ester ont donné (même technique que ci-dessus) : *a.* 20^g de l'ester éthylique $\text{C}^{16}\text{H}^{22}\text{O}^2$ de (V) : huile fluide, incolore, \bar{E}_{20} 203-205°, donnant par saponification l'acide (V) $\text{C}^{14}\text{H}^{18}\text{O}^2$, \bar{E}_{21} 229-230°, cristallisant de la ligroïne en prismes durs, très solubles dans C^6H_6 , et fondant à 82°. Des eaux mères de cristallisation de (V), on isole un acide liquide $\text{C}^{13}\text{H}^{18}\text{O}^2$ isomère (VI), \bar{E}_{20} 228°, $n_{20}^{20,5}$ 1,5305, et donnant un ester éthylique $\text{C}^{16}\text{H}^{22}\text{O}^2$ \bar{E}_{20} 200-202°. La cyclisation du chlorure d'acide de (V) donne (VII) $\text{C}^{14}\text{H}^{16}\text{O}$, liquide incolore, fluide, d'odeur agréable d'alcoyltétralone, et ne donnant pas de semicarbazone, \bar{E}_{20} 216°. Cette cétone, traitée 48 h. par CHI_3 et le Zn amalgamé, donne (IX) $\text{C}^{14}\text{H}^{18}$, liquide incolore, très fluide, d'odeur de pétrole, \bar{E} 290°. Le chlorure de (VI) se cyclise de même en (VIII) $\text{C}^{14}\text{H}^{16}\text{O}$, huile fluide \bar{E}_{20} 195-198° ressemblant à (VII); *b.* 4^g d'ester éthylique de (X) $\text{C}^{25}\text{H}^{36}\text{O}^4$, huile incolore, fluide, \bar{E}_{20} 295-298°, donnant à la saponification l'acide $\text{C}^{23}\text{H}^{32}\text{O}^4$ (poudre microcristalline incolore, assez soluble dans l'éther et le benzène, insoluble dans l'éther de pétrole, et fondant à 143°). Le chlorure d'acide correspondant (huile visqueuse jaunâtre), donne une diamide $\text{C}^{21}\text{H}^{34}\text{O}^2\text{N}^2$ (microcristaux incolores, très solubles dans l'alcool, insolubles dans l'eau, F 132-133°);.

3° *Action du thiophène sur l'ester éthylique de (I).* — 20^g de cet ester sont dissous avec 8^g de thiophène dans 150^{cm}^3} de CS_2 , et, à 0°, sont additionnés de 20^g de Cl^3Al sous agitation. On laisse quelques minutes à température ordinaire, et traite comme d'ordinaire. On obtient : *a.* 5^g d'ester éthylique $\text{C}^{13}\text{H}^{18}\text{O}^2\text{S}$ de (XI) (huile jaune pâle, fluide,

E_{22} , 195-198°, d'odeur forte); l'acide libre $\text{C}^{11}\text{H}^{13}\text{O}^2\text{S}$ (E_{20} , 178°), cristallise de la ligroïne en prismes allongés très solubles, F 65°. Le *chlorure d'acide* correspondant est une huile rougeâtre, instable, donnant une amide $\text{C}^{11}\text{H}^{13}\text{ONS}$ (fines aiguilles incolores F 106°); *b.* 15^s d'ester éthylique de (XII), $\text{C}^{22}\text{H}^{32}\text{O}^1\text{S}$, huile ambrée, assez visqueuse, E_2 260°. L'acide (XII) $\text{C}^{18}\text{H}^{26}\text{O}^1\text{S}$ constitue des microcristaux incolores, très peu solubles dans C^6H^6 , et fondant à 227°. Le *chlorure d'acide* correspondant est une huile jaunâtre, visqueuse, donnant une *diamide* $\text{C}^{18}\text{H}^{26}\text{O}^2\text{NS}$ (aiguilles incolores peu solubles dans l'alcool, F 225°); *c.* 6^s d'ester éthylique $\text{C}^{31}\text{H}^{46}\text{O}^1\text{S}$ de (XIII) (huile très visqueuse, jaune pâle, E_2 233-234°, n^{20}_D 1,5150). Cet ester, saponifié, fournit un acide extrêmement visqueux n'ayant pas cristallisé, même après plusieurs jours.

Les résultats ainsi obtenus montrent que l'arylation des esters de l'acide (I) ne met pas en jeu au préalable un déplacement de la double liaison. Nous poursuivons ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des azotites organiques au moyen de l'hydrolyse de l'azotite d'aluminium.* Note de MM. **ANDRÉ CHRÉTIEN** et **YVES LONGI**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'estérification des alcools par l'acide azoteux est remarquablement facile, comme pour l'acide borique. La dissemblance très marquée des actions respectives de ces deux acides faibles sur les alcools et sur les bases est un des caractères qui opposent l'estérification et la neutralisation.

Cependant la préparation des esters azoteux est délicate et ces corps (fragiles pour la plupart avec décomposition spontanée) ne sont connus qu'en petit nombre. Cela tient au mode utilisé pour libérer l'acide azoteux dans la réaction, qui est brutal. Les réactions parasites (*résinification* notamment) et la destruction de l'ester azoteux sont ainsi favorisées.

Nous avons montré que de nombreux azotites minéraux sont hydrolysés, plus ou moins facilement, avec libération quantitative de l'acide azoteux. Cette hydrolyse est alors immédiate dès que les deux solutions salines correspondantes (sulfate, chlorure ou azotate métallique et azotite de sodium) sont mélangées à température convenable. Une solution d'azotite de sodium est versée goutte à goutte dans une solution saturée du sulfate baignant un excès de sel. L'acide azoteux libéré donne de l'oxyde d'azote NO par oxydation-réduction, avec utilisation complète de l'acide azotique formé corrélativement. Il en résulte un cycle de réactions qui se répète avec production d'oxyde d'azote en quantité décroissante (¹).

Si l'hydrolyse de l'azotite métallique est faite en présence d'alcool éthylique, l'acide azoteux ne subit aucune oxydation-réduction et donne de l'azotite d'éthyle (E_{760} 16°) avec un rendement quantitatif.

Il y a là une véritable méthode de *nitriton* des alcools, qui nous semble nouvelle.

Nous avons appliqué cette méthode à la préparation de trois autres esters azoteux : azotite d'isoamyle, le plus courant de ces esters, produit

(¹) ANDRÉ CHRÉTIEN et YVES LONGI, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 504.

de laboratoire et produit thérapeutique; azotite de benzyle, azotite de cyclohexyle, ces deux-là choisis parmi les plus fragiles.

Voici le mode opératoire, qui est simple :

Un ballon de 2 litres reçoit l'alcool à estérifier (200^g) avec 2^{mol} d'eau et une solution aqueuse d'azotite de sodium voisine de la saturation à 20° en léger excès; une solution aqueuse de sulfate d'aluminium à 40 % y est ajoutée goutte à goutte; une vive agitation mécanique est maintenue pendant toute la durée de cette addition (2 heures au moins).

Après un repos d'une heure, l'estér azoteux forme une couche huileuse légère qui surnage sur la couche aqueuse minérale (l'hydroxyde d'aluminium reste colloïdal). Il est séparé facilement par décantation, lavé à l'eau et séché sur du sulfate de sodium anhydre.

L'azotite d'isoamyle $\text{O}=\text{N}-\text{O}-\text{CH}^2-\text{CH}^2-\text{CH}(\text{CH}^3)^2$ est obtenu avec le rendement théorique; la réfraction moléculaire est 31,67 (formule de Lorenz-Lorentz) :

$$E_{760} 96^\circ; \quad d_4^{20} 0,871; \quad n_D^{20,2} 1,3871.$$

L'azotite de benzyle $\text{O}=\text{N}-\text{O}-\text{CH}^2-\text{C}^6\text{H}^5$ est obtenu avec un rendement de 80 %; la réfraction moléculaire est 37,43;

$$E_{48} 71^\circ; \quad d_4^{24,7} 1,075; \quad n_D^{24,7} 1,4989.$$

Ce corps est beaucoup moins volatil que le précédent; sa température normale d'ébullition n'est pas accessible directement, en raison d'une décomposition déjà appréciable sous 730^{mm} de Hg; sous cette pression l'ébullition se situe vers 135-140°.

L'azotite de cyclohexyle $\text{O}=\text{N}-\text{O}-\text{CH}(\text{CH}^2)^5$ est obtenu avec un rendement de 75 %. Sa température d'ébullition sous 10^{mm} de Hg est 31°. Il avait été préparé antérieurement par la méthode usuelle à l'azotite de sodium.

Ces azotites sont décomposés spontanément dès la température ordinaire avec production de corps variés, aldéhydes et acides notamment, qui donnent un dépôt cristallin. L'azotite de benzyle se sépare en deux couches, l'une aqueuse, avec libération d'acide azoteux (coloration verte). Les vapeurs détonnent spontanément par élévation de température; il est prudent de ne pas dépasser 150° au plus pour les azotites usuels.

L'azotite de benzyle n'est mentionné qu'une fois dans la bibliographie à notre connaissance (préparation par estérification directe) ⁽²⁾.

L'hydrolyse des azotites métalliques fragiles, spécialement celui d'aluminium (celui de fer III convient aussi) est donc un moyen pratique pour préparer les azotites organiques par estérification.

(²) L. HUNTER et S. A. MARIOTT, *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 285.

(³) BAYER et VILLIGER, *Ber. d. chem. Ges.*, 34, 1911, p. 755.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la polymérisation thermique de l'huile de Lin.*

Note de MM. **GEORGES CHAMPETIER** et **JEAN PETIT**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'huile de Lin chauffée en atmosphère inerte au voisinage de 300° subit un accroissement de densité, de viscosité et d'indice de réfraction accompagné d'une diminution de l'indice d'iode, tandis que l'indice de saponification reste inchangé.

La plupart des auteurs ⁽¹⁾ attribuent ces modifications à une polymérisation des triglycérides mixtes de l'huile (esters glycériques des acides oléique, linoléique et linolénique). Plusieurs théories ont été proposées. La plus probable ⁽²⁾ fait intervenir un enchaînement des molécules de triglycérides, qui uniraient leurs radicaux acides gras par l'intermédiaire des liaisons éthyléniques qu'ils renferment.

Nous avons cherché à donner une justification expérimentale de cette théorie en étudiant les produits de saponification de l'huile de Lin chauffée préalablement à la température fixe de 295°, sous atmosphère d'azote à la pression normale ou sous vide, durant un temps variable allant de 3 heures à 20 heures. L'allure de la polymérisation est beaucoup plus rapide sous vide que sous atmosphère inerte et, si l'on prolonge le temps de chauffage, on peut observer une gélification complète de l'huile. Néanmoins, quelle que soit la durée du chauffage, et par suite quelle que soit la viscosité du produit final, même s'il est transformé en une masse gommeuse, les résultats expérimentaux sont qualitativement les mêmes. Seule diffère la proportion d'huile de Lin polymérisée.

1° La polymérisation ne s'effectue pas par l'intermédiaire du radical glycéryl des triglycérides. On retrouve, dans les produits de saponification des huiles soumises au traitement thermique, la totalité du glycérol de l'huile de Lin initiale, compte tenu d'une légère décomposition inévitable.

Exemple : Huile de Lin chauffée 5 heures à 295° sous pression normale d'azote. Glycérol, théorie 10,2 % ; trouvé après saponification 9,5 %.

2° La saponification de l'huile de Lin traitée thermiquement engendre d'une part des monoacides gras, principalement les acides stéarique et oléique (poids moléculaire moyen 281, indice d'acide moyen 197) et des diacides, provenant en majeure partie de la soudure de deux molécules des acides linoléique et linolénique (poids moléculaire moyen 574, indice d'acide moyen 195). Ces diacides sont en quantité d'autant plus importante que la polymérisation est plus avancée.

⁽¹⁾ SALWAY, *J. Soc. Chem. Ind.*, **39**, 1920, p. 324 T; FAHRION, *Chem. Umschau*, **24**, 1917, p. 144; KURZ, *Angew. Chem.*, **49**, 1935, p. 235.

⁽²⁾ KAPPELMEIER, *Farben Ztg*, **38**, 1933, p. 1018; CUTTER et JORDAN, *J. Oil Col. Chem. Association*, **18**, 1935, p. 5; BRADLEY, *Ind. Eng. Chem.*, **30**, 1938, p. 1087; BRADLEY et RICHARDSON, *Ind. Eng. Chem.*, **32**, 1940, p. 963.

3° L'ozonisation des diacides permet d'isoler principalement de l'acide azélaïque (F 105°). Une oxydation plus poussée par le permanganate de potassium en milieu alcalin engendre en outre les acides butyrique, caproïque et caprylique.

4° Dans les résidus de l'oxydation il est possible de mettre en évidence des acides renfermant un cycle aromatique.

Par oxydation totale on forme en effet de l'acide phtalique. Ces acides, chauffés avec de la résorcine et du chlorure de zinc, donnent la coloration de la fluorescéine. En outre, décarboxylés par la chaux sodée en excès, ils permettent d'obtenir des carbures, qui, transformés en diazoïques et copulés avec le β -naphтол, fournissent un colorant rouge caractéristique.

L'ensemble de ces résultats permet de confirmer que les triglycérides constituant l'huile de Lin subissent par chauffage une réaction de polymérisation résultant de la soudure de leurs radicaux acides gras. Il se forme ainsi un réseau macromoléculaire tridimensionnel expliquant les phénomènes de gélification observés par chauffage prolongé, particulièrement sous vide.

Le mécanisme de la réaction peut se concevoir, en accord avec Kappelmeier (²), en envisageant tout d'abord une isomérisation, sous l'action de la chaleur, des radicaux polyéniques à doubles liaisons séparées (radicaux linoléique et linolénique) en radicaux polyéniques à doubles liaisons conjuguées. La polymérisation des triglycérides isomérisés s'effectuerait ensuite entre molécules voisines par la réaction de Diels-Alder donnant des cycles hexéniques. Une migration ultérieure d'hydrogène transformerait certains de ces cycles en noyaux benzéniques avec saturation simultanée des liaisons éthyléniques portées par les chaînes latérales.

Il est à noter que l'huile de Bois de Chine, qui renferme le triglycéride de l'acide éléostéarique avec des systèmes de doubles liaisons conjuguées préformés, subit, par chauffage, une réaction de polymérisation analogue à celle de l'huile de Lin, mais avec une vitesse beaucoup plus grande et une prise en gelée difficile à éviter.

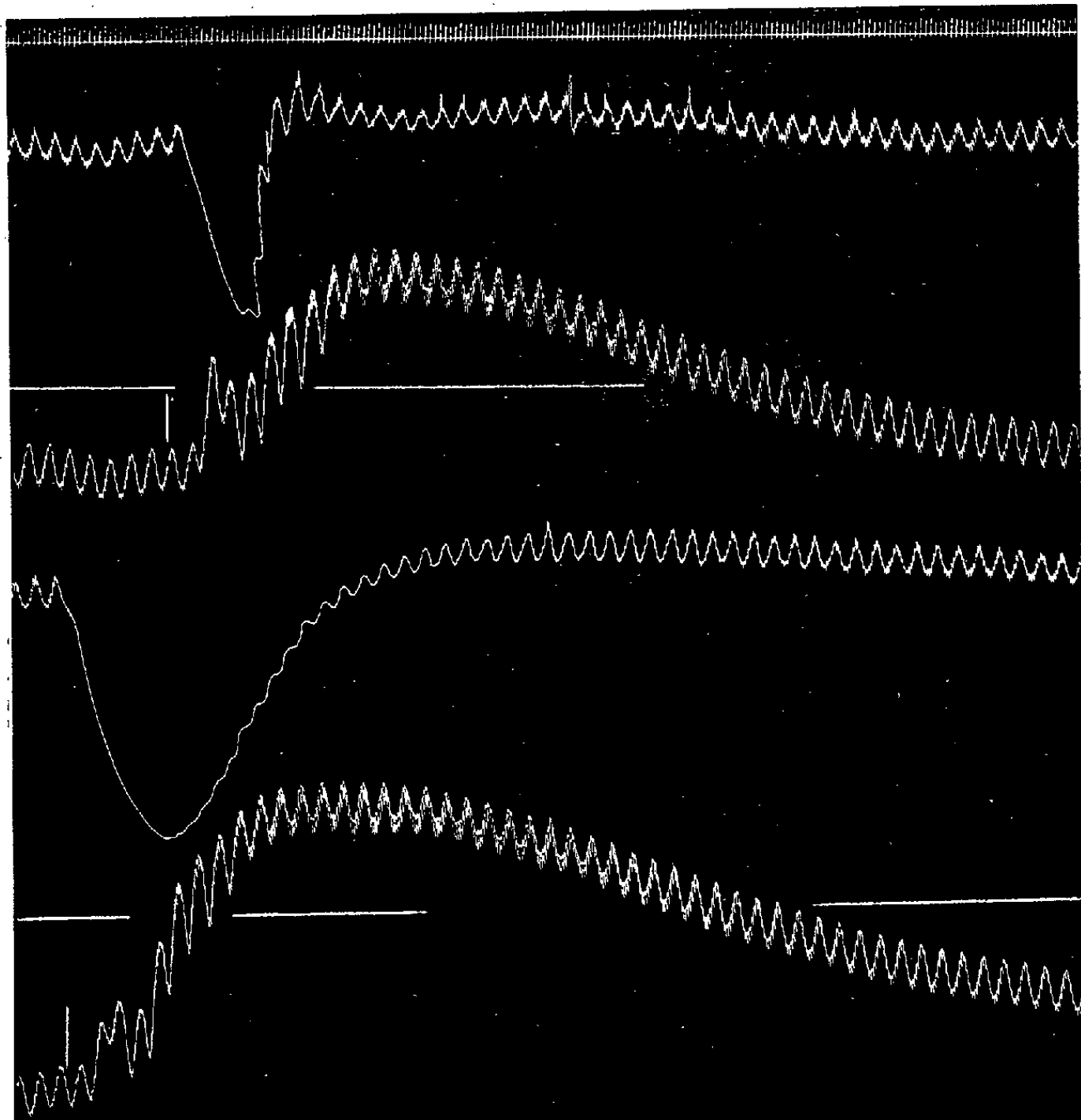
PHARMACOLOGIE. — *Les effets physiologiques de la spartéine sont-ils modifiés par sa transformation en base ammonium quaternaire?* Note (¹) de M. JEAN DELOURNE-HOUDÉ, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait d'une part que la spartéine est tenue pour une substance curarisante, d'autre part que, comme le curare, elle est douée du pouvoir d'augmenter les effets de l'adrénaline (Mercier, Hazard).

Les bases ammonium quaternaires possédant des propriétés curarisantes, il était tout naturel de se demander si, en rendant pentavalent l'azote trivalent de la spartéine, on pouvait augmenter les effets curarisants de cette dernière et en particulier son pouvoir de renforcer les effets de l'adrénaline.

(¹) Séance du 13 novembre 1944.

Ayant préparé l'iodométhylate de spartéine brut de Ch. Moureu et A. Valeur ⁽²⁾, dont le pouvoir rotatoire est d'environ -27° , ainsi que



Expérience pratiquée sur une chienne de 16^{kg}, anesthésiée par le chloralose, à laquelle on a sectionné les deux pneumogastriques et qu'on a soumise à la respiration artificielle.
De haut en bas, 1^o temps en secondes; 2^o et 5^o volume du rein; 3^o et 6^o repère à 20^{cm} de Hg. de la pression dans la carotide; 4^o et 7^o pression artérielle prise dans la carotide.
On a injecté dans la veine saphène, aux deux traits verticaux, 0^{ms},02 d'adrénaline et, en outre, entre le tracé supérieur (2^o, 3^o et 4^o) et le tracé inférieur (5^o, 6^o et 7^o), 16^{ms} d'iodométhylate de spartéine brut en solution dans 1^{cm}³,6 de soluté physiologique de chlorure de sodium.

l'iodométhylate de spartéine α de ces auteurs, qui possède un pouvoir rotatoire de -23° , nous avons pu constater qu'avec 1^{mg} par kilogramme de l'un ou l'autre de ces deux corps, on obtient un fort renforcement de l'action hypertensive et vasoconstrictive rénale de l'adrénaline, alors que, d'après R. Hazard ⁽³⁾, il faut de 10 à 50^{ms} de sulfate de spartéine pour obtenir le même résultat, et cela alors que la teneur en base des iodométhylates ne diffère que peu de celle des sulfates, cette teneur étant de 234/376 pour les deux premières ($C^{15}H^{26}N^2 \cdot CH^3I$), de 234/422 pour la dernière ($C^{15}H^{26}N^2 \cdot SO^4H^2 + {}^5H^2O$).

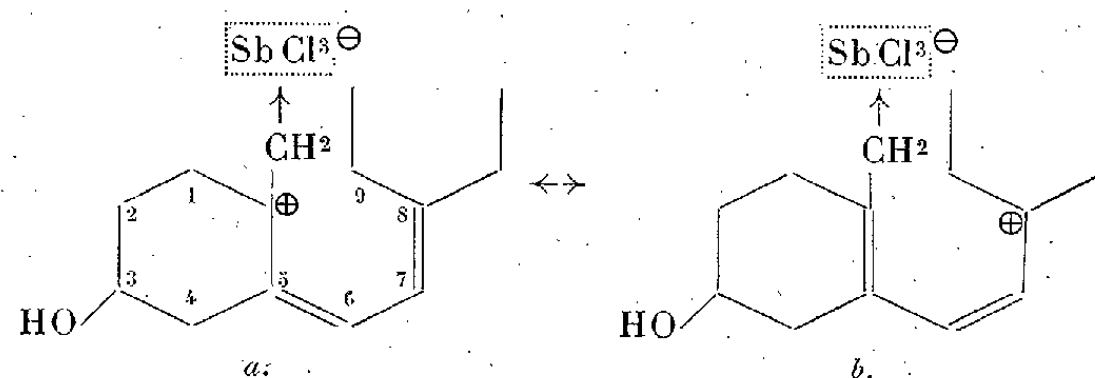
La transformation de la spartéine en base ammonium quaternaire augmente donc beaucoup le pouvoir que possède cet alcaloïde de renforcer les effets de l'adrénaline.

⁽²⁾ *Bull. Soc. chimique de France*, 4^e série, 3, 1908, pp. 675-678.

⁽³⁾ *Journ. de Pharm. et Chimie*, 8^e série, 19, 1934, p. 456.

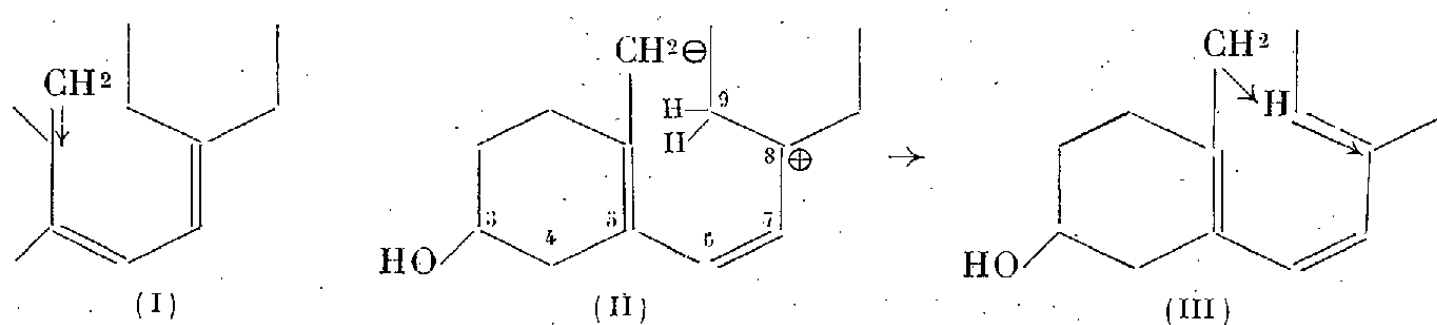
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie et mésomérie : du calciférol au tachystérol*. Note ⁽¹⁾ de M^{lle} GENEVIÈVE THIBAUDET, présentée par M. Maurice Javillier.

Comme la vitamine A, la vitamine D₂ (calciférol) donne lieu à une réaction colorée, sous l'influence du SbCl₃ en solution chloroformique saturée ⁽²⁾ ou par adsorption sur les argiles acides. La couleur obtenue est rose (maximum d'absorption à 500 mμ) ⁽³⁾. Il est facile d'imaginer le mécanisme de cette réaction, en s'inspirant de la théorie donnée par Paul Meunier ⁽⁴⁾ pour la réaction de Carr et Price. En adoptant des schémas analogues, nous écrirons, pour le calciférol adsorbé sur SbCl₃,



La coloration rose résulterait d'une mésomérie limitée par les deux formules *a* et *b*, intéressant seulement 2 paires d'électrons π , au lieu de 5 comme dans le cas de la vitamine A (coloration bleue). Si cette interprétation est exacte, elle doit, comme dans le cas déjà traité, permettre de prévoir la structure des corps obtenus après traitement par le réactif au SbCl₃ ou élution du corps adsorbé sur argile acide. Pour faire cette prévision, je me suis inspirée des transformations subies par la vitamine A dans les mêmes conditions. Dans le cas présent l'élution va libérer 2 *ions doubles* (ions hermaphrodites) correspondant respectivement aux formules limites *a* et *b*. Le premier, dont les charges opposées sont voisines, redonnerait le calciférol primitif (I).

Quant au second, dont les charges électriques sont éloignées, on peut supposer, par analogie avec la *prétendue cyclisation* de la vitamine A déjà élucidée ⁽⁵⁾, qu'il va donner lieu au phénomène de *migration d'un proton* du carbone 9 vers le méthylène terminal (II), (III).



Ce corps, qui possède 3 doubles liaisons conjuguées décalées d'un chaînon

⁽¹⁾ Séance du 7 mai 1945.

⁽²⁾ BROCKMANN et YUNG HWANG CHEN, *Zeits. f. Physiol. Chem.*, **241** 1936, p. 129.

⁽³⁾ Il ne s'agit pas là de la réaction à l'acide sulfurique, dite de Salkowski, déjà étudiée par P. Meunier (*Comptes rendus*, **217**, 1943, pp. 78-80).

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 470.

⁽⁵⁾ P. MEUNIER, R. DULOU et M^{lle} A. VINET, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 907.

carboné par rapport au calciférol, n'est autre que le tachystérol ⁽⁶⁾. Il est aisé de rechercher ce corps, après traitement du calciférol par une argile acide ou par SbCl^3 ⁽⁷⁾.

a. Essais au SbCl^3 . — 5^{mg},45 de calciférol sont additionnés de 5^{cm}³ d'une solution chloroformique saturée de SbCl^3 . La solution devient rose saumon. On ajoute 30^{cm}³ d'une solution de HCl à 30 %. Après plusieurs lavages de la solution chloroformique, celle-ci est séchée sur SO^2Na^2 . Le spectre obtenu sur cette solution diluée au 1/5 montre, par comparaison avec une solution de calciférol, un déplacement très net de la bande maxima d'absorption de 265^{mμ} vers 280^{mμ}.

b. Essais avec argile acide. — 70^{mg} de calciférol soigneusement séchés sont dissous dans 100^{cm}³ de cyclohexane pur, puis adsorbés sur 120^g de terre Jag (argile acide de Bezenet). L'argile, primitivement grise, acquiert presque instantanément une belle teinte rose saumon persistante. Après 10 minutes de contact, le produit est élué par 5^{cm}³ d'alcool à 92°, lavé trois fois par un mélange de 79^{cm}³ de cyclohexane et 10^{cm}³ d'alcool et centrifugé. La solution limpide, légèrement jaune, est alors évaporée sous vide, puis sous CO^2 . Le résidu, pesant 40^{mg}, est jaune et amorphe. On en dissout 15^{mg} dans 2^{cm}³ de CHCl^3 et l'on trouve un pouvoir rotatoire $[\alpha_D] = 0^{\circ}.20$. Le spectre d'adsorption dans l'alcool présente un maximum à 286^{mμ} avec une bosse à 294^{mμ}.

$E = 1,6$ pour une solution de 0^{mg},54 dans 10^{cm}³. Soit $E \text{ 1 \%} = 297$.

La réaction avec SbCl^3 est identique à celle du produit de départ (bande à 500^{mμ}), le nombre de doubles liaisons conjuguées étant conservé. De même le réactif proposé par P. Meunier et Y. Raoul ⁽⁸⁾ fournit une coloration évoluant dans le temps comme celle due au calciférol.

Toutes ces propriétés correspondent exactement à celles du tachystérol. On sait que ce corps ne cristallise pas ⁽⁷⁾ et qu'il est le seul dans la série du calciférol qui possède un pouvoir rotatoire gauche. Le spectre, qui est celui d'un composé très pur, indiquerait une teneur en tachystérol d'à peu près 50 % [selon les chiffres de Windaus ⁽⁷⁾]. Le résidu obtenu ne semble pas renfermer de trace de calciférol (bande à 265^{mμ} caractéristique). Cette identification confirme l'interprétation que nous avons donnée de l'adsorption ionisante et de la réaction colorée qui l'accompagne; elle justifie d'autre part la formule proposée par Grundmann ⁽⁶⁾ pour le tachystérol.

Que ce soit le tachystérol qui ait tendance à se former d'une façon prépondérante aux dépens du calciférol, dès que l'on donne à ce dernier la possibilité de mésomérie pour son système de doubles liaisons, c'est là un fait qui doit prendre place dans la chimie de la vitamine D. Ce résultat est d'ailleurs logique, puisque le calciférol ne se forme lui-même que par irradiation du tachystérol, c'est-à-dire par une captation d'énergie par ce dernier corps. Ce retour de la vitamine D_2 vers son précurseur chimique plus stable correspond bien à une chute déterminée de l'énergie électronique de la molécule, qui entraîne la perte de l'activité biologique.

La séance est levée à 15^h35^m.

A. Lx.

⁽⁶⁾ W. GRUNDMANN, *Zeits. f. Physiol. Chem.*, 252, 1938, pp. 151-154.

⁽⁷⁾ WINDAUS, WERNER et LUTTRINGHAUS, *Ann. der Chemie*, 499, 1932, pp. 188-200.

⁽⁸⁾ P. MEUNIER et Y. RAOUL, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 546.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 5 mai 1945, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de Sir **CHARLES SHERRINGTON** pour occuper, parmi les Associés étrangers, la place vacante par le décès de M. *Vito Volterra*.

Il est donné lecture de ce décret.

Notice nécrologique sur PAUL PELSENEER,
par M. **MAURICE CAULLERY**.

PAUL PELSENEER, Correspondant de l'Académie depuis le 16 février 1931, s'est éteint, le 5 mai 1945, à Bruxelles, où il était né le 26 juin 1863. Il arrivait à la fin de sa 82^e année. Sa vie tout entière a été consacrée à la science, avec une continuité et une rectitude qu'on ne saurait trop louer.

Il avait complété ses études, faites à l'Université libre de Bruxelles, et sa formation zoologique, en allant suivre l'enseignement et la vie de laboratoire de deux des maîtres les plus éminents de la génération de ses aînés, Alfred Giard à Lille et Edwin Ray Lankester à Londres. Tous deux étaient alors parmi les protagonistes les plus ardents et les plus brillants des doctrines évolutionnistes. Ce sont eux qui ont achevé de modeler son esprit et d'y préciser les idées directrices auxquelles il est resté fidèle pendant toute sa carrière. Celle-ci aurait largement mérité d'être plus favorisée et plus brillante. Mais Pelseneer était un homme de caractère, qui ne voulait pas composer avec les contingences. Fermement attaché à la liberté de pensée et sans d'ailleurs jamais manifester bruyamment, il a souffert, pendant toute sa maturité, d'un ostracisme systématique des pouvoirs publics, et il a été écarté, lors de toutes les vacances qui se sont produites, des chaires de Zoologie des Universités belges, pour lesquelles les spécialistes le désignaient. Ainsi tenu à l'écart de l'enseignement supérieur officiel, il a été, jusqu'en 1919, confiné dans les fonctions de professeur de Chimie à l'École Normale de Gand. Il s'y acquittait de son enseignement avec une conscience scrupuleuse, mais sa vie scientifique

s'accomplissait à son domicile privé, où il s'était organisé un très modeste laboratoire, à l'aide de ses seules ressources personnelles, et où il travaillait avec ardeur. Il y a réalisé une œuvre aussi solide que considérable et qui a eu, en Belgique et au dehors, un écho étendu. Il a été ainsi élu Correspondant puis, dès 1903, Membre de la classe des Sciences de l'Académie de Bruxelles.

En 1919, ses Confrères des trois classes de l'Académie Royale lui ont donné un témoignage éclatant de leur haute estime en l'élisant Secrétaire perpétuel. Il a exercé ces fonctions jusqu'à l'âge de 72 ans (1935), qui avait été récemment fixé comme celui de la retraite. Cela ne lui fournissait pas de laboratoire, et c'est toujours à son domicile privé qu'il a continué à travailler sans défaillance, jusqu'au jour où la perte de la vue l'a condamné au repos. Il a supporté stoïquement cette cruelle épreuve, qui a été adoucie par l'affection dévouée de M^{me} Pelseneer; les années qui viennent de s'écouler ont été pour l'un et l'autre particulièrement difficiles et pénibles.

L'œuvre scientifique de P. Pelseneer a été limitée dans son cadre par les très modestes moyens de travail dont il disposait en l'absence d'une chaire d'Université et de tout laboratoire officiel. Il n'a pas moins réussi à lui donner une grande ampleur et elle porte bien la marque de sa personnalité, par son unité et sa cohérence. Elle est orientée tout entière vers une illustration de la théorie de l'évolution, étudiée de façon approfondie et méthodique chez les Mollusques, sur le terrain de l'anatomie comparée, de l'embryologie et de l'éthologie. Il a publié, sur tous les groupes de cet embranchement, de très nombreux et importants Mémoires, qui se distinguent par la sobriété austère de l'expression et par la netteté. Pelseneer a certainement apporté, en ce domaine, une des contributions les plus marquantes de son époque, et dont l'intérêt débordé le groupe lui-même. Il a pu étudier des types exotiques significatifs; mais surtout, sur les plages de la côte boulonnaise et dans l'orbite de la Station Zoologique de Wimereux, dont il a été, pendant plus de cinquante ans, l'un des plus fidèles collaborateurs, il a réussi à mettre en lumière toute une série de formes, qui, soit dans leur embryogénie, soit dans leur éthologie, lui ont fourni la matière de remarquables travaux. Je ne puis ici entrer dans le détail de cette œuvre très étendue. Sa maîtrise est attestée par le fait que E. Ray Lankester avait confié à Pelseneer le soin de rédiger le volume consacré aux Mollusques, dans son important *Treatise on Zoology*. Pelseneer s'est brillamment acquitté de cette tâche et cet ouvrage porte bien la marque de son esprit.

Pelseneer s'intéressait avec autant d'ardeur, de continuité et d'optimisme à la vie scientifique internationale. Il était un participant fidèle et actif des Congrès internationaux de Zoologie. Il suivait avec une attention et une bienveillance spéciales les efforts de la zoologie française, et il a certainement éprouvé beaucoup de satisfaction d'avoir été élu Correspondant de notre Académie.

On mesurera son désintéressement et la sincérité agissante de ses convictions dans le fait qu'ayant reçu en 1912 le prix décennal des Sciences Zoologiques (ce qui avait été un témoignage particulièrement significatif de l'estime du monde scientifique belge), il en consacra le montant (doublé par lui-même), à la fondation, à l'Académie de Bruxelles, d'un prix Lamarck, destiné à récompenser l'auteur « dont les travaux auront apporté le plus de faits et d'éclaircissements nouveaux relativement à l'Évolution du règne animal ou à la phylogénie zoologique ».

Ses qualités d'esprit et de caractère lui avaient valu, dans son pays, de déférentes et sincères amitiés, qui se sont manifestées publiquement à diverses reprises et, de façon particulièrement discrète et touchante, au cours de ces dernières et pénibles années. Il laisse à tous ceux qui l'ont connu un souvenir et des regrets qui ne s'effaceront pas.

Notice nécrologique sur MAURICE ARTHUS
par M. LÉON BINET.

Aux derniers jours de février se mourait à Fribourg, dans sa 84^e année, un biologiste français qui a magnifiquement servi son pays et la physiologie : **MAURICE ARTHUS**, Correspondant de l'Institut, Membre Associé de l'Académie de Médecine, qui lui avait décerné le prix Albert I^{er} de Monaco, Arthus laisse une œuvre considérable que nous voudrions résumer après avoir exposé les diverses étapes de sa vie.

Né à Angers en 1862, M. Arthus s'orienta d'abord vers la préparation à l'École Polytechnique : il bifurqua ensuite vers le Doctorat ès Sciences Physiques et définitivement vers la Biologie et plus spécialement la Physiologie. Elève de Dastre, il fut nommé Maître de Conférences à la Sorbonne, poste qu'il quitta en 1897 pour devenir Professeur de Physiologie et de Bactériologie à l'Université de Fribourg, en Suisse. En 1901 il devint le collaborateur de Calmette à l'Institut Pasteur de Lille; en 1903 il fut nommé Professeur à l'École de Médecine de Marseille et il y resta jusqu'en 1907. A cette date il rentra en Suisse, nommé Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lausanne, poste qu'il devait occuper 25 ans; c'est là qu'il fit la plus grande partie de ses travaux. En plus de l'enseignement régulier et des recherches de laboratoire, il y organisa plusieurs fois un cours spécial dénommé *Les trois semaines de recherches biologiques expérimentales* auquel assistèrent des représentants de la Biologie et de la Physiologie de quinze nations et qui étaient une démonstration pratique de la méthode de recherche expérimentale telle que la concevait Claude Bernard.

Mis à la retraite en 1932, il se fixa à Fribourg, où il assumait la Direction de l'Institut de Bactériologie et d'Hygiène jusqu'en l'an 1942. Il prit alors une retraite définitive, continuant son œuvre de conférencier dans diverses Écoles

de la ville. Quinze jours avant son décès, il rédigeait encore un travail sur l'organisation de l'enseignement technique de la Physiologie.

Parmi les travaux de Maurice Arthus, trois ordres de sujets surtout s'imposent à l'attention.

Dès 1890, Arthus s'est occupé de la *coagulabilité des liquides de l'organisme*. Dans une série de remarquables communications, il a étudié la coagulabilité du sang et celle du lait; il a observé ce fait fondamental que la présence de calcium est indispensable pour que la coagulation se produise. En décalcifiant les plasmas, il leur a fait perdre leur coagulabilité et la leur a restituée en les recalcifiant. Son travail sur l'action anticoagulante du citrate de soude est d'une importance capitale. D'autre part il s'est attaché à l'étude du fibrin ferment et des variations de la coagulabilité du sang suivant les prises successives, suivant l'état de la plaie, autant de questions qui intéressent au plus haut point la Physiologie chirurgicale.

Étudiant la coagulabilité du lait, il eut l'occasion de faire une observation qui n'a pas manqué de surprendre. Du lait introduit dans l'estomac de l'Homme est rapidement caséifié (5 minutes au maximum) et le lactosérum contient de la présure : de l'eau, introduite dans l'estomac et retirée après un séjour de 15 à 20 minutes, ne possède aucun pouvoir caséifiant *in vitro*. Le lait possède donc la propriété, qui lui est spécifique, de provoquer une sécrétion caséifiante : c'est le pouvoir labogénique du lait.

Ce fait, communiqué par Arthus à la Société de Biologie, nous semble d'une grande importance physiologique. Nous croyons devoir le rapprocher des observations de Bierry, qui nous a appris que le saccharose introduit dans l'intestin attire l'invertine; dans le même sens, de l'huile introduite dans une anse intestinale a le pouvoir d'attirer la lipase, comme nous avons eu l'occasion de le souligner avec H. Roger. Ainsi tout se passe comme s'il y avait une livraison de ferments sur demande : la demande, dans l'expérience d'Arthus, est faite par le lait qui appelle et entraîne une sécrétion du ferment utile.

D'autre part, Arthus a fait de très remarquables recherches sur *les venins et les sérums antivenimeux*. Ses études sur les venins des Serpents, sur le venin d'Abeille, sont devenues classiques : il a étudié les phases physiopathologiques de l'intoxication venimeuse et il a montré qu'il était possible d'instituer, avec quelques chances de succès, une thérapeutique curative à la période des premiers accidents. On doit relire avec soin les huit solides mémoires qu'il a publiés dans le *Journal de Physiologie et de Pathologie générale* sur les venins. Il a confirmé et étendu cette notion, due à Ramon, que la toxicité du venin de Cobra se trouve atténuée par addition de formol; ses expériences sur les anatoxines venimeuses, qu'il a appelées *anavenins*, sont remarquables par leur précision et par leur portée.

Mais, dans son œuvre scientifique, ses expériences sur l'anaphylaxie publiées dès 1903 restent le fait dominant; on nous permettra d'y insister.

En 1902, Charles Richet et Paul Portier étudiaient l'action toxique des Actinies; ils démontraient qu'une dose d'extrait de ces animaux, injectée à un Chien neuf, n'affectait aucunement l'animal normal, mais tuait le Chien préparé, sensibilisé par une injection antérieure. C'était la découverte de l'anaphylaxie générale.

De son côté Maurice Arthus a constaté que le sérum de Cheval, inoffensif pour le Lapin neuf, détermine chez le Lapin, préparé par injection préalable de ce sérum, des accidents divers locaux ou généraux, primitifs ou tardifs. Il est ainsi conduit à découvrir l'anaphylaxie sérique et d'autre part et surtout il a montré l'existence de ce qu'on appelle couramment aujourd'hui *l'anaphylaxie locale* ou phénomène d'Arthus.

Expérimentant sur le Lapin, il étudiait la sensibilité de cet animal vis-à-vis du sérum de Cheval. En renouvelant les injections de sérum à des intervalles déterminés, il remarqua que ce dernier se résorbait facilement, puis, à partir de la quatrième injection, le sérum donnait lieu à une infiltration locale. Molle d'abord, cette infiltration devenait indurée après la cinquième injection et elle prenait l'aspect gangréneux lors des injections ultérieures. Les mêmes phénomènes s'observaient lorsque les injections, faites d'abord dans le péritoine, étaient secondairement suivies d'injection sous la peau.

Des réactions analogues ont été obtenues avec du lait. Cette réaction est strictement spécifique : les animaux préalablement traités par du lait se montrent sensibles vis-à-vis d'une nouvelle injection de lait et non pas vis-à-vis d'une injection de sérum. Comme l'a dit Arthus, « le Lapin anaphylactisé par et pour le sérum ne l'est pas pour le lait, et inversement ».

Depuis 40 ans Biologistes et Médecins ont repris, étudié, et analysé l'anaphylaxie locale. L'accord est universel pour rendre hommage à Arthus, dont les communications de 1903 méritent d'être lues et méditées.

Charles Richet, Paul Portier, Maurice Arthus sont trois noms intimement et définitivement liés à l'histoire de l'anaphylaxie : la science française en éprouve une fierté profonde.

Telle est l'œuvre biologique de Maurice Arthus, dont les ouvrages sont dans les bibliothèques du monde entier, traduits en de nombreuses langues : citons parmi eux : *La physiologie. Méthode, Résultats, Hypothèses. — De l'anaphylaxie à l'immunité. — Précis de Chimie physiologique. — Précis de Physiologie microbienne* et surtout son *Précis de Physiologie*.

L'auteur nous dit lui-même, quelque part, le but qu'il a cherché : « Je me suis appliqué avant tout à développer chez mes lecteurs, comme chez mes élèves, l'esprit scientifique expérimental et à leur faire *connaître, admirer et aimer* la méthode expérimentale, pour qu'ils en soient dans l'avenir les serviteurs passionnés. »

Par son travail acharné et productif, par son enseignement lumineux et vivant, Arthus fut un précieux ambassadeur de la Science française à

L'Étranger : ce savant ne manqua pas de s'élever à chaque instant contre ces écrits enrichis d'une bibliographie anarchique, chargés d'une érudition chaotique; il critiquait ces mémoires, alourdis de hors-d'œuvre et d'à-côté, qui sont obscurs et complexes. En un mot, Arthus se présenta comme *invariablement latin*. L'œuvre qu'il a signée est une magnifique et impérissable œuvre française.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les zones structurales du relief terrestre ; la zone tropicale.* Note de M. EMMANUEL DE MARTONNE.

J'ai pu dresser pour l'*Atlas de France* une carte morphologique de la France en 4 feuilles à 1/1 000 000, qui a été présentée à l'Académie il y a plusieurs années. Cette carte d'un type tout nouveau a conduit à des conclusions si intéressantes qu'il a paru utile d'essayer une application beaucoup plus large de son principe. Telle est l'origine du planisphère structural que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. C'est une tentative audacieuse, même aujourd'hui, et qui n'aurait pu être envisagée avant les progrès récents des reconnaissances géographiques et géologiques dans les pays tropicaux ou dans les hautes latitudes. Elle ne diffère pas seulement par l'échelle et le degré de généralisation de la carte morphologique de la France, mais par le groupement des accidents caractéristiques, visant à définir des types de régions structurales. Elle se rapproche ainsi davantage des cartes géologiques, mais en diffère encore profondément. Négligeant bien des détails donnés par ces cartes, elle fait état de différences, importantes pour la morphologie, qui n'y sont pas considérées à des échelles comparables, particulièrement celle des sédiments marins et continentaux, des plissements récents ou anciens.

L'image, entièrement nouvelle, qui s'offre à nous frappe surtout par la répartition zonale de deux types de structure, correspondant chacun à une famille de formes et même à des ensembles régionaux radicalement opposés : celui des structures de plissements récents, qu'on peut encore qualifier de plissements alpins, affectant des séries épaisses de sédiments marins géosynclinaux et donnant les plus hauts reliefs dont les crêtes, dépassant largement 2 et 3000^m, s'ordonnent en longs rubans plus ou moins festonnés; et celui des structures de plissements anciens, nivelés par l'érosion et formant des plates-formes ou socles, recouverts, sur de grandes étendues, par des sédiments qui sont restés insensibles aux plissements depuis le Paléozoïque récent pour le moins, parfois même depuis le Cambrien. Ces sédiments, le plus souvent continentaux, témoignent de vicissitudes paléoclimatiques singulières : les dépôts de vastes calottes glaciaires peuvent y alterner avec des couches de houille, indiquant la chaleur et l'humidité, et avec des grès azoïques, qui indiquent d'anciens

déserts. Les vieux socles correspondent à des régions de relief peu différencié, sans contrastes brutaux; des plaines ou des cuvettes, des plateaux, dépassant très rarement 2000^m d'altitude, sauf le cas de fractures avec jeu de blocs faillés et volcanisme édifiant des reliefs postiches.

On est frappé de voir que le second type de structure est nettement prédominant dans la zone tropicale. Si celle-ci est limitée non pas strictement par les deux tropiques, mais par la dorsale barométrique séparant le domaine des alizés du domaine des vents d'Ouest, la proportion de vieux socles rigides atteint 85 %. Toute l'Afrique lui appartient, à l'exception de l'Atlas et des chaînons à structure appalachienne du Cap; toute l'Amérique du Sud, sauf la chaîne des Andes, toute l'Arabie et le Dekkan, et presque toute l'Australie.

Sans doute existe-t-il, en dehors de la zone tropicale, des pays de même structure, la plupart groupés à des latitudes élevées : *Bouclier Canadien* et *Bouclier scandinave* de Édouard Suess, Plate-forme de l'Angara et Bouclier de l'Anabar en Sibérie. Mais l'étendue de ces vieux socles, qu'on est porté à s'exagérer si on les considère sur un planisphère en projection non équivalente (Mercator en particulier), est bien loin d'égaler celle des plates-formes tropicales.

Celles-ci offrent partout un complexe de formes du relief dont l'interprétation peut être facilitée par la connaissance que nous avons de la zone hercynienne en Europe, où la sculpture par l'érosion de la couverture et ses rapports avec les affleurements des vieux socles ont fait l'objet d'analyses géographiques approfondies. On y retrouve les reliefs monoclinaux qualifiés de *côtes* ou *cuestas*, avec leur tracé festonné par les percées conséquentes des rivières, les captures, les buttes-témoins. On commence à y reconnaître des surfaces d'érosion tronquant le front des côtes et le socle ancien. Et il apparaît que les vieux continents tropicaux offrent toutes ces formes avec une ampleur, des dimensions, une complexité dont rien n'approche. Le planisphère présenté en donne une idée très générale par le tracé des *côtes* qui ont été reconnues ou dont la découverte peut être sûrement attendue. Dans l'A. O. F. les plateaux de grès cambriens du Fouta Djallon et du pays Mandingue se terminent par une côte qui se développe sur près de 1000^{km} avec un commandement de 4 à 500^m qui atteint 1000^m à la *falaise de Bandiagara* et aux pitons fantastiques du Hombari ⁽¹⁾. Les Tassili qui enveloppent le Hoggar sont les côtes les plus abruptes et les plus fières du Sahara ⁽²⁾.

Dans l'Amérique du Sud les *chapadas* du Brésil, au Sud de l'Amazonie, offrent l'ensemble probablement le plus remarquable de ces reliefs. La

⁽¹⁾ URVOY, *Mém. Institut d'études de l'Afrique noire*, Paris, 1942.

⁽²⁾ R. PERRET, *Annales de Géographie*, 47, 1938, pp. 602-616.

côte des grès de Botucatu, la mieux connue, dans l'État de Sao Paulo, se développe sur 1200^{km} avec une altitude relative de 5 à 600^m ⁽³⁾. Mais c'est à la frontière du Vénézuéla et de la Guyane britannique que la couverture gréseuse forme les reliefs les plus hardis, avec le Roraima, véritable montagne de 2500^m dont les falaises sont hautes de 1200^m ⁽⁴⁾.

Ces côtes ne diffèrent pas seulement par leurs dimensions de nos côtes européennes, mais par les faciès et l'âge de leurs couches, ainsi que leur degré d'évolution. Les assises résistantes sont rarement des calcaires, le plus souvent des grès, avec intercalations d'éruptif, dont la dureté favorise la formation de corniches (particulièrement en A. O. F. et au Brésil). L'âge des séries de couverture, qui ne remonte pas dans notre zone hercynienne plus haut que le début du Mésozoïque, peut aller jusqu'au début du Paléozoïque dans la zone tropicale, où l'on distingue, notamment en Afrique, une série ancienne cambro-silurienne, et une série relativement récente permo-triasique, sans compter une série crétacée et éocène. Il est naturel que les côtes de la série la plus ancienne soient en général plus évoluées que dans notre zone hercynienne, ayant reculé très loin et se réduisant parfois à des séries de bastions avancés avec buttes-témoins entre les percées fluviales. Le cas où une série récente a fossilisé les formes d'une série ancienne, complication constatée en certains points de notre zone hercynienne, paraît être très fréquent dans la zone tropicale.

Ainsi à tous les points de vue, il n'est pas douteux que, si nous avons une connaissance suffisante de tous les continents, c'est à ceux de la zone tropicale que nous devrions demander les exemples les plus typiques, les plus impressionnants par leurs dimensions et leur complexité, des plates-formes anciennes avec leur couverture.

Nous connaissons encore moins bien la zone des *boucliers* des hautes latitudes, mais on doit s'attendre à y voir relever les mêmes phénomènes; les côtes bordant le bouclier canadien en ont déjà montré quelques exemples; et les progrès récents des reconnaissances géographiques et géologiques en Sibérie permettent d'en deviner de plus intéressants.

Le dispositif zonal des grandes zones structurales, particulièrement frappant dans les basses latitudes, est un fait qui n'a pas jusqu'ici suffisamment attiré l'attention. Son explication pose un problème dont la solution paraît encore réservée à l'avenir.

Cependant on peut constater que la netteté de ce dispositif, si remarquable dans l'Ancien Monde, est obscurcie dans le Nouveau Monde par le déroulement en direction méridienne du long ruban de chaînes de plissement allant de l'Alaska à la Patagonie.

⁽³⁾ EM. DE MARTONNE, *Annales de Géographie*, 49, 1940, pp. 1-27.

⁽⁴⁾ G. H. TATE, *Geogr. Review*, 20, 1930, pp. 31-68.

La structure des Rocheuses aux États-Unis et même d'une partie des Andes en Bolivie, Argentine et Chili est assez connue pour qu'on y distingue, il est vrai, l'incorporation au bourrelet montagneux de fragments de vieux socles, dont l'ampleur est sans exemple dans nos chaînes alpines. C'est par là notamment que les Andes acquièrent une largeur double ou triple, justement dans la zone tropicale où se développe si largement le vieux socle brésilien.

Il semble qu'un plan structural propre au Nouveau Monde, imposé par des forces agissant dans le champ du Pacifique, interfère ici avec le plan structural qui domine exclusivement dans l'Ancien Monde. Les forces qui ont imposé à la plus grande partie de la surface de notre planète le plan zonal restent à découvrir.

NOMINATIONS.

L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'UNION DES RÉPUBLIQUES SOVIÉTIQUES SOCIALISTES invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Moscou et Léninegrad, entre les 15 et 28 juin 1945, à l'occasion du *Deux-cent-vingtième anniversaire* de sa fondation.

M. MAURICE CAULLERY est désigné.

ÉLECTIONS.

M. ROBERT BOURGEOIS, pour la Division des Sciences mathématiques; M. GABRIEL BERTRAND, pour la Division des Sciences physiques; M. MAURICE DE BROGLIE, pour la Section des Académiciens libres, sont réélus Membres du Conseil de la *Fondation Loutreuil* pour 1945, 1946, 1947.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : différentielle et discriminant; théorie intrinsèque de la ramification.* Note de M. MARC KRASNER, présentée par M. Élie Cartan.

Je conserve les notations de mes Notes précédentes ⁽¹⁾ et je me sers de leurs résultats. Quand on parlera de bornes, limites etc., de suites de nombres réels, il s'agira de ces notions dans l'ensemble ordonné de nombres semi-réels ⁽¹⁾.

\mathfrak{A} étant une chaîne décroissante (au sens large) d'ensembles, une fonction réelle f sera dite *définie asymptotiquement* (d. a.) *sur* \mathfrak{A} s'il existe un $A \in \mathfrak{A}$ tel que f soit définie sur A . f étant une telle fonction, on lui attachera un objet $\tau_A(f)$, dit son *type de croissance sur* \mathfrak{A} , tel que $\tau_A(f) = \tau_A(g)$ équivaille

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, pp. 433-435, 539-541; 220, 1945, pp. 28-30.

à l'existence d'un $A \in \mathfrak{A}$ où f, g soient partout définies et égales. On pose $\tau_A(f) \gg \tau_A(g)$ si, et seulement s'il existe un $A \in \mathfrak{A}$ tel que, pour tout $a \in A$, $f(a), g(a)$ soient définies et $f(a) > g(a)$. T étant un ensemble *fini* de types de croissance sur \mathfrak{A} , soit, pour tout $\tau \in T$, f_τ une fonction réelle d. a. sur \mathfrak{A} telle que $\tau_A(f_\tau) = \tau$, et soit $A \in \mathfrak{A}$ où toutes les $f_\tau, \tau \in T$, soient partout définies. Si $f(a) = \text{Min } f_\tau(a)$ ($a \in A; \tau$ parcourt T), $\tau_A(f)$, qui ne dépend que de T et non des choix des f_τ et de A , sera noté $\text{Min } T$ et appelé le *minimum* de T . Soit $T_0, T_1, \dots, T_m, T_{m+1}$ la suite d'ensembles définie comme suit : $T_0 = T$; si $0 \leq q \leq m$, T_{q+1} est l'ensemble des $\tau \in T_q$ tels que $\tau \gg \text{Min } T_q$; $T_{m+1} \neq T_m$ est vide. T_q s'appelle la $q^{\text{ième}}$ *émergence* de T . Deux chaînes \mathfrak{A} et \mathfrak{A}' sont dites *équivalentes* si, pour tout $A \in \mathfrak{A}$, il existe un $A' \in \mathfrak{A}'$ tel que $A' \subseteq A$, et de même si l'on intervertit \mathfrak{A} et \mathfrak{A}' . Alors une fonction réelle f est en même temps d. a. sur \mathfrak{A} et sur \mathfrak{A}' et $\tau_A(f)$ peut être et sera identifié avec $\tau_{A'}(f)$.

K/k étant une extension valuée, soit $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_z\}$ un ensemble de z éléments de K . L'idéal $\mathcal{O}(\Omega)$ de k , formé par les $\alpha \in k$ tels que $|\alpha| \leq |\Delta|^2$, où Δ est le déterminant (indépendant du numérotage dans Ω) $|\sigma_i \omega_j|$ [$i, j = 1, 2, \dots, z$; σ_i parcourt $Z_{K/k}(|\dots|^\ast)$], s'appelle le *discriminant* de Ω dans K/k , et l'idéal $\mathfrak{S}(\Omega)$ tel que $\mathfrak{S}(\Omega)^z = \mathcal{O}(\Omega)$ s'appelle la *différente* de Ω dans K/k . Si $\alpha \in K$ et si $\Omega_\alpha = \{1, \alpha, \dots, \alpha^{z-1}\}$, $\mathcal{O}(\Omega_\alpha), \mathfrak{S}(\Omega_\alpha)$ seront notés $\mathcal{O}_{K/k}^{(\alpha)}, \mathfrak{S}_{K/k}^{(\alpha)}$ et appelés le *discriminant* et la *différente* de K/k en α . On a $|\mathfrak{S}_{K/k}^{(\alpha)}| = |f'_{K/k, \alpha}(\alpha)|$, où $f_{K/k, \alpha}(x)$ est le polynôme caractéristique de α dans K/k . Les p. g. c. d. des $\mathcal{O}(\Omega), \mathfrak{S}(\Omega)$, quand Ω parcourt les ensembles de z entiers de K , seront notés $\underline{\mathcal{O}}_{K/k}, \underline{\mathfrak{S}}_{K/k}$ et appelés le *sous-discriminant* et la *sous-différente* de K/k . Les p. g. c. d. des $\mathcal{O}_{K/k}^{(\alpha)}, \mathfrak{S}_{K/k}^{(\alpha)}$, quand α parcourt \mathcal{J} , seront notés $\mathcal{O}_{K/k}, \mathfrak{S}_{K/k}$ et appelés le *discriminant* et la *différente* de K/k . Le nombre semi-réel $\eta_{K/k}$, de même espèce que $\omega(\mathfrak{S}_{K/k}) \geq \omega(\underline{\mathfrak{S}}_{K/k})$, et tel que $\omega(\mathfrak{S}_{K/k}) = \omega(\underline{\mathfrak{S}}_{K/k}) + 2\eta_{K/k}$, s'appelle l'*écart* de K/k . Dans les cas classiques (valuation discrète, R/r séparable) $\eta_{K/k} = 0$, $\mathfrak{S}_{K/k} = \underline{\mathfrak{S}}_{K/k}$ (Dedekind), mais, en général $[\eta_{K/k}] \neq 0$, comme, dans le cas $p \neq p' = 0$, montre l'exemple, $K = k(\sqrt[p]{\alpha}, \sqrt[p]{\beta})$, où $\alpha, \beta \in k$ sont tels que $(m(p^{-1}\omega(\alpha), p^{-1}\omega(\beta)) : m) = p^2$. Si $K \supset K' \supset k$, on a $\underline{\mathfrak{S}}_{K/k} = \underline{\mathfrak{S}}_{K/K'} \underline{\mathfrak{S}}_{K'/k}$, mais non, en général, comme dans les cas classiques (Hilbert) $\mathfrak{S}_{K/k} = \mathfrak{S}_{K/K'} \mathfrak{S}_{K'/k}$, qui se remplace par : $\mathfrak{S}_{K/K'} \mathfrak{S}_{K'/k}$ divise $\mathfrak{S}_{K/k}$. Si $\mathfrak{S}_{K/k} = \mathfrak{S}_{K/K'} \mathfrak{S}_{K'/k}$, K'/k est dite une *sous-extension hilbertienne* de K/k , et K/k est dite une *surextension hilbertienne* de K'/k . K/k est dite une *extension hilbertienne* si toutes ses sous-extensions sont hilbertiennes. Quel que soit le nombre réel μ rationnel par rapport à m , il existe une surextension hilbertienne de K/k dont le module de valuation contient μ . Si $\varepsilon \geq 0$, l'ensemble des $\alpha \in \mathcal{J}$ tels que $|\mathcal{O}_{K/k}^{(\alpha)}| + \varepsilon \geq |\mathcal{O}_{K/k}|$ sera noté $K(\varepsilon; k)$ et sera dit le ε -*domaine* de K/k . $K(0; k)$ sera dit aussi le *domaine discriminantiel* de K/k . Pour toutes les suites monotones $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n, \dots$ de nombres réels telles que $(\cdot) \lim \varepsilon_n = 0^+$, les chaînes des $K(\varepsilon_n; k)$ sont équivalentes. Une telle suite étant donnée, si $\sigma \in Z_{K/k}(|\dots|^\ast)$, le type de croissance $\tau(\sigma)$ de la fonction $f_\sigma(\alpha) = \omega^\ast(\sigma\alpha - \alpha)$

(où $\omega^*(\dots) = -\log |\dots|^*$) sur la chaîne des $K(\varepsilon_n; k)$ s'appelle le *type caractéristique de σ* et $\nu(\sigma) = \text{borne inf. } f_\sigma(\alpha) [\alpha \text{ parcourt } \mathcal{J}]$ s'appelle le *nombre caractéristique de σ* . L'ensemble $\mathfrak{V}_q(K/k; |\dots|^*)$ des $\sigma \in V_{K/k}(|\dots|^*)$ tels que $\tau(\sigma)$ appartienne à la $q^{\text{ième}}$ émergence T_q de l'ensemble T des $\tau(\sigma)$, $\sigma \in V_{K/k}(|\dots|^*)$, est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\dots|^*)$, appelé le $q^{\text{ième}}$ *hypergroupe caractéristique de K/k pour $|\dots|^*$* . On pose $\mathfrak{V}_{-2}(K/k; |\dots|^*) = Z_{K/k}(|\dots|^*)$ et $\mathfrak{V}_{-1}(K/k; |\dots|^*) = T_{K/k}(|\dots|^*)$. Tous les $\sigma \in \mathfrak{V}_q - \mathfrak{V}_{q+1}$ ont une même valeur réelle $(^1) \omega_q(K/k) = [\nu(\sigma)]$ de $\nu(\sigma)$. L'ensemble $\mathfrak{V}'_q(K/k; |\dots|^*)$ des $\sigma \in \mathfrak{V}_q(K/k; |\dots|^*)$ tels que $(^1) \nu(\sigma) = \omega_q(K/k)^+$ est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\dots|^*)$, appelé le $q^{\text{ième}}$ *hypergroupe complémentaire de K/k pour $|\dots|^*$* , $c_q(K/k) = (\omega_q(K/k), ^*)$ ou $(\omega_q(K/k), \omega_q(K/k)^+)$ ou $(^*, \omega_q(K/k)^+)$ suivant que $\mathfrak{V}_q \neq \mathfrak{V}'_q = \mathfrak{V}_{q+1}$ ou $\mathfrak{V}_q \neq \mathfrak{V}'_q \neq \mathfrak{V}_{q+1}$ ou $\mathfrak{V}_q = \mathfrak{V}'_q (\neq \mathfrak{V}_{q+1})$ s'appelle le $q^{\text{ième}}$ *couple caractéristique fin de K/k* . On démontre l'existence, pour tout $q = -2, -1, 0, 1, \dots, m_{K/k} - 1$ (où $\mathfrak{V}_q = \{1_K\}$ si $q = m_{K/k}$), d'une extension transcendante élémentaire $K^{(q)}$ de K et d'un $\alpha_q \in K^{(q)}$ tels que \mathfrak{V}_q et \mathfrak{V}_{q+1} soient deux hypergroupes caractéristiques successifs de K/k en α_q . Ainsi $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}_{q+1}$ (et, par suite, $\mathfrak{V}_q/\mathfrak{V}'_q$ et $\mathfrak{V}'_q/\mathfrak{V}_{q+1}$) sont des hypergroupes extramoduliformes et même, si $q \geq 0$, moduliformes. Les nombres d'éléments des $\mathfrak{V}_q(K/k; |\dots|^*)$, $\mathfrak{V}'_q(K/k; |\dots|^*)$, notés $\mathfrak{U}_q(K/k)$, $\mathfrak{U}'_q(K/k)$, sont, si $q \geq 0$, des puissances de p , donc $\mathfrak{U}_0(K/k) = \tilde{d}:\tilde{c}$.

Soient $\nu_1(K/k) < \nu_2(K/k) < \dots < \nu_\mu(K/k) = +\infty$ toutes les valeurs distinctes prises par $\nu(\sigma)$, $\sigma \in V_{K/k}(|\dots|^*)$, et $V_q(K/k; |\dots|^*)$ l'ensemble des $\sigma \in V_{K/k}(|\dots|^*)$ tels que $\nu(\sigma) \geq \nu_q(K/k)$. On pose $V_{-2}(K/k; |\dots|^*) = Z_{K/k}(|\dots|^*)$ et $V_{-1}(K/k; |\dots|^*) = T_{K/k}(|\dots|^*)$. $V_q(K/k)$ et $V_q(K/k; |\dots|^*)$, qui est un sous-hypergroupe conforme de $Z_{K/k}(|\dots|^*)$, seront dits le $q^{\text{ième}}$ *nombre caractéristique de K/k* et le $q^{\text{ième}}$ *hypergroupe de ramification de K/k pour $|\dots|^*$* . Sauf si k est discrètement valué, les V_q ne forment qu'une suite partielle de la réunion de celles des \mathfrak{V}_q et des \mathfrak{V}'_q et, en général, $V_q(K/k; |\dots|^*)/V_{q+1}(K/k; |\dots|^*)$ n'est pas extramoduliforme, même si K/k est galoisienne $(^2)$. Le nombre d'éléments de $V_q(K/k; |\dots|^*)$, noté $n_q(K/k)$, est une puissance de p si $q \geq 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Sur les séries de Fourier.

Note de M. H. KOBER, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Le résultat suivant est bien connu $(^1)$:

THÉORÈME 1. — Pour que la série trigonométrique

$$\sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k e^{ik\theta}$$

$(^2)$ La suite des $V_q(K/k; |\dots|^*)$ avait été définie, pour les extensions galoisiennes, par M. Deuring (*Math. Ann.*, 103, 1931, pp. 277-307); cette suite n'est pas assez fine.

$(^1)$ Voir A. ZYGMUND, *Trigonometrical Series*, Varsovie-Lwow, 4, 1935, pp. 34; *Bull. Amer. Math. Soc.*, 49, 1943, pp. 805-822.

soit la série de Fourier d'une fonction $f(\vartheta)$ de $L(-\pi, +\pi)$, il est nécessaire et suffisant que

$$(I) \quad \int_{-\pi}^{+\pi} |\sigma_m(\vartheta) - \sigma_n(\vartheta)| d\vartheta \rightarrow 0 \quad [m, n \rightarrow \infty],$$

ou que

$$(I') \quad \int_{-\pi}^{+\pi} |u(r, \vartheta) - u(r', \vartheta)| d\vartheta \rightarrow 0 \quad [r, r' \rightarrow 1],$$

où

$$\sigma_n(\vartheta) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n \sum_{j=-k}^k a_j e^{ij\vartheta}, \quad u(r, \vartheta) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n r^{|n|} e^{in\vartheta} \quad [0 < r < 1].$$

Dans ce théorème la convergence forte de la suite $\{\sigma_n \vartheta\}$ ou de $\{u(r, \vartheta)\}$ est requise. Je vais prouver :

THÉORÈME 2. — Dans le théorème 1 les conditions (I) ou (I'), respectivement, peuvent être remplacées par les conditions

(II) Il existe une suite partielle $\{\sigma_{n_j} \vartheta\}$ de $\{\sigma_n(\vartheta)\}$ [$n_1, n_2, \dots, n_j \rightarrow \infty$], qui converge faiblement dans $L(-\pi, \pi)$.

(II') Il existe une suite partielle $\{u(r_j, \vartheta)\}$ [$0 < r_1 < r_2 < \dots < r_j < \dots, r_j < 1$], qui converge faiblement dans $L(-\pi, \pi)$.

THÉORÈME 3. — Supposons l'existence d'une suite partielle $\{\sigma_{n_j}(\vartheta)\}$ ou d'une suite $u(r_j, \vartheta)$ possédant respectivement les propriétés suivantes : pour tout $\varepsilon < 0$ existe un $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$ tel que, uniformément par rapport à n_j ou r_j ,

$$(III) \quad \left| \int_E \sigma_{n_j}(\vartheta) d\vartheta \right| < \varepsilon$$

ou

$$(III') \quad \left| \int_E u(r_j, \vartheta) d\vartheta \right| < \varepsilon,$$

toutes les fois que E est un ensemble contenu dans $-\pi \leq \vartheta \leq \pi$ de mesure non supérieure à δ . Alors $\sum a_k e^{ik\vartheta}$ est la série de Fourier d'une fonction de $L(-\pi, \pi)$.

La condition est nécessaire

2. Il est évident que la condition (I) implique (II). D'après un théorème fondamental de Lebesgue ⁽²⁾, (II) implique la condition du théorème 3 que nous désignons par (III). Donc nous n'avons besoin que de montrer que (III) est suffisante; (II') et (III') peuvent être traitées de la même manière.

Fixant la suite n_j d'après (III), nous déduisons que

$$(2.1) \quad \int_E |\sigma_{n_j}(\vartheta)| d\vartheta < \varepsilon \quad \text{pour } m(E) < \delta\left(\frac{\varepsilon}{4}\right).$$

Dès lors, uniformément par rapport à n_j , nous avons

$$\int_{-\pi}^{\pi} |\sigma_{n_j}(\vartheta)| d\vartheta \leq \frac{2\pi\varepsilon}{\delta(\varepsilon/4)}.$$

(2) Voir S. BANACH, *Théorie des opérations linéaires*, Varsovie, 1932, p. 1936.

Le terme du second membre est constant. Donc⁽³⁾ il existe une fonction $F(\vartheta)$ à variation bornée sur $(-\pi, \pi)$ telle que

$$a_k = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{-ik\vartheta} dF(\vartheta) \quad (k=0, 1, 2).$$

Par un raisonnement classique, nous déduisons de (2.1) que la fonction

$$F(\vartheta) = \lim_{r \rightarrow \infty} F_r(\vartheta) = \lim_{r \rightarrow \infty} \int_0^{\vartheta} \sigma_{n_r}(\varphi) d\varphi,$$

où $\{n_r\}$ est une suite partielle de $\{n_j\}$, est absolument continue dans $L(-\pi, \pi)$. Prenant $f(\vartheta) = F'(\vartheta)$, nous aurons

$$f(\vartheta) \in L(-\pi, \pi) \quad \text{et} \quad a_k = \frac{1}{2\pi} \int f(\vartheta) e^{-ik\vartheta} d\vartheta,$$

ce qui complète la démonstration.

3. THÉOREME 4. — Une fonction $F(x)$, satisfaisant aux conditions (A) $F(x)$, est continue dans un intervalle infini; (B) $F(x) \rightarrow 0$ quand $x \rightarrow \infty$, et (C) $\{g_k(x)\}$ est une suite faiblement convergente dans $L(-\infty, \infty)$ où

$$g_k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F(t) dt}{(1 - itx/k)^{k+1}} \quad (k=1, 2, 3, \dots)$$

est représentable comme transformée de Fourier d'une fonction de $L(-\infty, \infty)$. Ces conditions sont nécessaires⁽⁴⁾,

La condition (A) peut être remplacée par

(C') : Pour tout $\varepsilon > 0$ il y a un $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$ tel que l'on ait, uniformément par rapport à k ($k=1, 2, \dots$), $\left| \int_{\mathbb{R}} g_k(x) dx \right| < \varepsilon$ toutes les fois que $\int_{\mathbb{R}} \frac{dx}{1+x^2} < \delta$.

La démonstration repose sur un raisonnement semblable à celui du paragraphe 2 et sur le fait que les conditions (A) et (C' 2)

$$\int_{-\infty}^{\infty} |g_k(x)| dx \leq M = M(F)$$

impliquent la représentation de $F(x)$ comme transformée de Fourier-Stieltjes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Sur le calcul numérique de certains opérateurs linéaires. Note de M. PAUL GERMAIN, présentée par M. Joseph Pérès.

Les opérateurs étudiés transforment une fonction $P(\theta)$, périodique, de période 2π , en une fonction $Q(\theta)$ de même période. Nous poserons

$$Q(\theta) = A[P(\theta)].$$

⁽³⁾ A. ZYGMUND, *loc. cit.*, pp. 32-34 et 322; la démonstration demande à être légèrement modifiée.

⁽⁴⁾ H. KOBER, *A Note on Fourier transforms*, [Journ. London Math. Soc., 1945 (sous presse)].

La première catégorie d'opérateurs jouira des propriétés suivantes :

$$(I) \quad A[\cos m\theta] = a_m \sin m\theta; \quad A[\sin m\theta] = -a_m \cos m\theta; \quad A[1] = 0.$$

La deuxième catégorie vérifiera de même

$$(II) \quad A[\cos m\theta] = b_m \cos m\theta; \quad A[\sin m\theta] = b_m \sin m\theta; \quad A[1] = b_0,$$

les a_m et les b_m étant des constantes.

A. PREMIÈRE MÉTHODE. — Le cercle étant divisé en $2n$ parties égales on pose $f_i = f(i\pi/n)$. On cherche à calculer les $2n$ valeurs Q_i en fonction des $2n$ valeurs P_j par des formules linéaires.

I. *Opérateurs de la première catégorie.* — A l'aide des considérations de parité on peut écrire la formule

$$(I) \quad Q_i = K_1[P_{i+1} - P_{i-1}] + \dots + K_p[P_{i+p} - P_{i-p}] + \dots + K_{n-1}(P_{i+n-1} - P_{i-n+1}),$$

les K_p étant des constantes numériques à déterminer.

Les $2n$ équations (I) pour la fonction $P(\theta) = \cos m\theta$ ou $P(\theta) = \sin m\theta$, grâce aux relations (I), se réduisent à

$$(2) \quad \sum_{p=1}^{n-1} K_p \sin \frac{pm\pi}{n} = \frac{-a_m}{2}.$$

Si l'on écrit la relation (II) pour $m = 1, 2, \dots, n-1$, on obtient un système d'équations déterminant les coefficients K_p ; avec ces coefficients, on obtiendra des valeurs *rigoureuses* des Q_i ; pour toute fonction P de la forme

$$(3) \quad P(\theta) = \sum_{m=0}^n (\alpha_m \cos m\theta + \beta_m \sin m\theta).$$

Pour une fonction $P(\theta)$ quelconque, la méthode revient à approcher P par une somme du type (3), prenant les valeurs P_p aux points $\theta = p\pi/n$.

La résolution du système (2) se fait très simplement; on trouve

$$(4) \quad K_p = -\frac{1}{n} \sum_{m=1}^{n-1} a_m \sin \frac{mp\pi}{n}.$$

Application. — Intégrale de Poisson. La formule

$$(5) \quad Q(\theta) = \frac{1}{2\pi} p. p. \int_0^{2\pi} P(\theta') \cotg \frac{\theta' - \theta}{2} d\theta'$$

est un opérateur de la première catégorie tel que $a_m = 1$; d'après (4),

$$K_p = 0, \quad \text{si } p = 2q; \quad K_p = -\frac{1}{n} \cotg \frac{p\pi}{2n}, \quad \text{si } p = 2q + 1.$$

II. *Opérateurs de la seconde catégorie.* — La formule (1) s'écrit alors

$$(6) \quad Q_i = K_0 P_i + K_1 (P_{i+1} + P_{i-1}) + \dots + K_{n-1} (P_{i+n-1} + P_{i-n+1}) + K_n P_{i+n},$$

et le système (2) devient

$$(7) \quad K_0 + 2 \sum_{p=1}^{n-1} K_p \cos \frac{mp\pi}{n} + (-1)^n K_n = b_m.$$

La valeur de K_p s'obtient en résolvant (7); on trouve

$$(8) \quad K_p = \frac{1}{n} \left[\sum_{m=1}^{n-1} b_m \cos \frac{mp\pi}{n} + \frac{b_0}{2} + \frac{(-1)^p}{2} b_n \right].$$

Application. — L'opérateur linéaire transformant $P(\theta)$ en $dQ/d\theta$, où Q est donnée par (5), est un tel opérateur avec $b_m = m$; d'après (8),

$$K_0 = \frac{n}{2}; \quad K_p = 0, \quad \text{si } p = 2q; \quad K_p = \frac{-1}{n \left(1 - \cos \frac{p\pi}{n} \right)}, \quad \text{si } p = 2q + 1.$$

B. *DEUXIÈME MÉTHODE.* — Il est parfois plus avantageux de diviser le cercle en $4n$ parties égales, et d'exprimer les $2n$ valeurs de Q_{2i} en fonction des $2n$ valeurs P_{2j+1} . Pour les opérateurs de la première catégorie

$$(9) \quad Q_{2i} = K_1 [P_{2i+1} - P_{2i-1}] + K_2 [P_{2i+3} - P_{2i-3}] + \dots + K_n [P_{2i+2n-1} - P_{2i-2n+1}],$$

et l'on obtient, comme dans (A),

$$(10) \quad K_p = -\frac{1}{n} \left[\sum_{m=1}^{n-1} a_m \sin \frac{(2p-1)m\pi}{2n} + (-1)^{p-1} \frac{a_n}{2} \right].$$

Application. — Calcul de la dérivée $P'(\theta)$ d'une fonction $P(\theta)$; on a alors $a_m = -m$ et (10) devient

$$(11) \quad K_p = \frac{(-1)^p}{2n \left[1 - \cos \frac{(2p-1)\pi}{2n} \right]}.$$

Pour les opérateurs de la deuxième catégorie, la formule fondamentale est

$$(12) \quad Q_{2i} = K_1 [P_{2i+1} + P_{2i-1}] + K_2 [P_{2i+3} + P_{2i-3}] + \dots + K_n [P_{2i+2n-1} + P_{2i-2n+1}],$$

et l'on obtient

$$(13) \quad K_p = \frac{1}{n} \left[\sum_{m=1}^{n-1} b_m \cos \frac{(2p-1)m\pi}{2n} + \frac{b_0}{2} \right].$$

Les formules ainsi obtenues sont très commodes pour le calcul numérique. Utilisées au laboratoire de M. Pérès, puis au laboratoire de M. Goldstein,

au N. P. L., pour les études concernant les profils d'ailes, elles ont donné des résultats d'une précision bien supérieure à celle des procédés usuels (méthode de Théodorsen, par exemple), pour un temps de calcul beaucoup moindre.

ÉLECTRONIQUE. — *Amplificateur à courant continu pour cellule à faible résistance d'isolement, ou à courant d'obscurité gênant.* Note ⁽¹⁾ de M. **JEAN DUBOIS**, présentée par M. Aimé Cotton.

On connaît un grand nombre de montages amplificateurs pour cellules photoélectriques. A peu près tous donnent de bons résultats, mais supposent un isolement *anode-cathode quasi parfait*, ou encore *un courant d'obscurité négligeable*.

Je fais ici abstraction de la dérive du zéro et de toutes les autres difficultés inhérentes aux amplificateurs à lampe.

Ceci posé, si la condition de parfait isolement n'est pas réalisée, le système amplificateur est inopérant ou presque.

En effet, si la résistance entre les électrodes de la cellule n'est pas pratiquement infinie, la batterie d'excitation de celle-ci polarise la grille de la lampe amplificatrice qui lui succède. Quel que soit le sens de cette polarisation, le point de fonctionnement du tube se trouve amené sur une des parties courbes de la caractéristique de plaque, et l'amplification est ainsi très faible.

De plus, dans les montages courants, un courant-plaque permanent assez élevé circule dans le circuit-plaque. Comme un appareil de mesure sensible ne peut être traversé par un fort courant, il faut monter aux bornes du galvanomètre un système compensant le courant-plaque constant. On shunte ainsi l'appareil de mesure et la variation de courant-plaque qu'il doit mesurer est réduite dans une proportion notable, résultat d'autant plus regrettable que l'amplification est déjà faible.

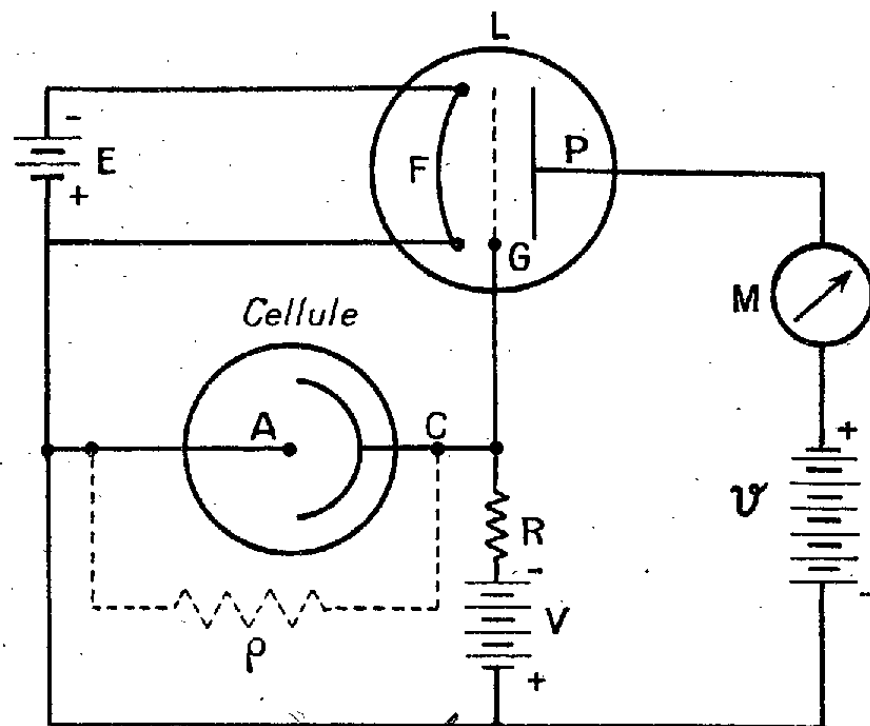
Or l'expérience montre que la perte de courant photoélectrique par suite du mauvais isolement est relativement bien moins importante que la diminution du pouvoir amplificateur de l'étage, par suite de l'effet qui vient d'être décrit.

C'est pourquoi j'ai étudié un montage susceptible de conserver au dispositif une amplification profitable malgré l'isolement défectueux de la cellule, ou le courant d'obscurité élevé. La figure représente ce montage. A titre d'indication, j'ai figuré en traits discontinus la résistance d'isolement ρ de la cellule.

Si ρ , R et V vérifient une certaine relation, le courant plaque est nul, et le

⁽¹⁾ Séance du 30 avril 1945.

point de fonctionnement de la lampe est sur une portion rectiligne de la caractéristique ⁽²⁾.



Le réglage du système est très souple et se fait en agissant sur R et V pour que le courant-plaque soit nul à la précision où s'effectuent les mesures.

Je fais remarquer que, dans le cas actuel, toute la variation de courant-plaque traverse intégralement l'appareil de mesure, aucun shunt n'étant nécessaire. Il y a donc encore un gain appréciable de ce côté.

On a utilisé comme lampe amplificatrice une B 405, chauffée sous 4 volts et fonctionnant sous 40 volts de tension-plaque. La valeur de V_0 est ainsi de -14 volts.

La cellule est du type à vide, au potassium, à parois de verre. Son isolement en atmosphère sèche est très bon. Pour réaliser un mauvais isolement, on a réuni l'anode et la cathode par une résistance de 23 mégohms.

Voici d'ailleurs les résultats comparatifs entre le montage de la figure et le montage classique, tous deux utilisés avec la cellule possédant un mauvais isolement. Pour mieux montrer les avantages du dispositif décrit, on a joint le cas où la cellule, douée d'un excellent isolement, est associée au système amplificateur classique précédent.

Montage utilisé.	Figure.	Classique.	Classique.
Résistance d'isolement de la cellule..	23 mégohms	23 mégohms	infini
Tension excitation cellule.....	34 volts	40 volts	40 volts
R.....	55 mégohms	»	»
Éclairement de la cellule.....	celui du laboratoire	»	»
Variation du courant plaque (*).....	0,44 mA	0,02 mA	0,28 mA

(*) Obscurité-lumière.

(²) Cette relation s'écrit

$$R = \frac{\rho(V - V_0 - E)}{E + V_0},$$

R, ρ et V sont définis sur la figure. E et V_0 sont respectivement la tension de chauffage et la polarisation de grille, qui rend nul le courant plaque correspondant à la tension anodique choisie. V, V_0 et E sont pris en valeur algébrique. Voir la démonstration dans *Annales françaises de Chronométrie*, 13^e année, nos 3 et 4, 1943, p. 153.

On voit que le montage le plus avantageux est celui de la figure. Dans le cas où $\rho = \infty$, la variation de courant-plaque est plus faible en raison du dispositif compensant le courant-plaque normal. En fait, les cas 1 et 3 ont même sensibilité.

Ces exemples montrent l'intérêt du montage proposé. Je signale qu'il peut être utilisé avec n'importe quel genre de cellule, pourvu que la résistance ρ soit au moins de quelques milliers d'ohms. J'ai d'ailleurs fait l'expérience avec une cellule à couche d'arrêt. Une amplification de mille fois est obtenue très commodément.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur un projet de microscope protonique*. Note ⁽¹⁾ de MM. CLAUDE MAGNAN, PAUL CHANSON et ANDRÉ ERTAUD, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les meilleurs microscopes électroniques ont actuellement un pouvoir séparateur de 50 Å. La valeur de ce pouvoir séparateur tient en grande partie aux aberrations de sphéricité et de diffraction. Ne sachant pas corriger les défauts de sphéricité, on utilise des ouvertures numériques très faibles, de l'ordre de 0,02 et moins. Il s'ensuit que l'aberration de diffraction est à nouveau importante et deviendrait gênante si l'on diminuait encore l'ouverture numérique. Glaser a montré, par des calculs s'appuyant sur la mécanique ondulatoire et la théorie de l'eikonal, qu'en fait l'aberration de sphéricité et l'aberration de diffraction ne pouvaient pas se traiter séparément. On se trouve donc à nouveau limité, dans le microscope électronique, par un pouvoir séparateur voisin de 50 Å, toute amélioration de l'aberration de sphéricité par diminution de l'ouverture numérique étant neutralisée par une augmentation de l'aberration de diffraction. On a cherché à gagner en augmentant la tension accélératrice des électrons, mais on ne gagne que comme la racine carrée de la tension pour l'aberration de diffraction et le gain est limité par le fait que la tension appliquée maximum ne peut pratiquement pas dépasser 300 000 volts.

Si, par contre, on remplace les électrons par des protons, la masse de ces derniers est 1840 fois plus grande que celles des électrons. Il s'ensuit, d'après la formule de Louis de Broglie, que la longueur d'onde de l'onde associée sera, à énergie égale, 40 fois plus petite. Le pouvoir séparateur lié à la diffraction sera donc, à ouverture numérique égale et à énergie égale, 40 fois meilleur. On pourra dans ce cas considérer séparément les aberrations de sphéricité et les aberrations de diffraction. On pourra en particulier rendre meilleur le pouvoir séparateur lié aux aberrations de sphéricité en diminuant l'ouverture numérique, sans craindre une

⁽¹⁾ Séance du 23 mai 1945.

augmentation gênante des phénomènes de diffraction, étant donnée la marge importante qui reste disponible.

Les distances focales des lentilles magnétiques sont proportionnelles à la masse des particules, de sorte que les microscopes magnétiques ne conviendront pas pour les protons. Il n'en est pas de même pour les microscopes électrostatiques.

L'équation différentielle des trajectoires d'un corpuscule électrisé se déplaçant dans un champ de forces dérivant d'un potentiel électrostatique est, à l'approximation de Gauss,

$$4V\gamma'' + 2V'\gamma' + \gamma V'' = 0;$$

cette équation ne contient ni la masse, ni la charge du corpuscule. Il s'ensuit que tout corpuscule électrisé, électron ou non, de masse quelconque aura, dans le même système électronique et à énergie égale, les mêmes trajectoires. Les caractéristiques optiques d'une lentille électrostatique seront les mêmes pour un faisceau de protons que pour un faisceau d'électrons. Ce fait avait déjà été signalé en 1937 par le regretté Louis Cartan ⁽²⁾.

Nous pensons utiliser le microscope électrostatique que nous avons construit, sans modifications autres que le remplacement du canon à électrons par une source d'ions à électrons oscillants et le changement de polarité du générateur haute tension.

La source d'ions à électrons oscillants est due à Fuckelstein. Nous l'avons adapté aux tubes verticaux destinés à l'accélération des ions en la simplifiant notablement.

La tension appliquée au microscope électronique électrostatique que nous désirons transformer en protonique est de 60 000 volts. Elle pourra être suffisante si nous utilisons cet appareil aux examens des états de surface par éclairage rasant. Elle serait complètement insuffisante pour des examens par transparence. C'est pourquoi nous avons étudié la construction d'un microscope protonique de 300 000 volts.

Les lentilles électrostatiques utilisées ayant un diaphragme central porté à 300 000 volts et les deux diaphragmes latéraux au sol, nous avons pensé utiliser les tubes destinés à accélérer les ions sous de très hautes tensions pour produire des neutrons. On peut ainsi réaliser un ensemble de deux lentilles symétriques portées à 300 000 volts et d'un canon à protons de 300 000 volts. La première lentille aura un grossissement de 200, la deuxième lentille ou lentille de projection aura un grossissement de 100. L'ensemble aura un grossissement total de 20 000. Le pouvoir séparateur attendu est de 3 Å, ce qui peut laisser espérer un grossissement

(²) *Journ. de Phys. et Radium*, 8, 1937, p. 111.

de 600 000 en agrandissant le cliché photographique. La finesse du grain des plaques jouera alors un rôle important.

La formule de Bethe ⁽³⁾, qui donne la perte par ionisation des protons et des électrons dans une même substance, montre qu'à 300 000 volts les protons ont une perte d'énergie par unité de longueur 75 fois plus grande que pour des électrons de même énergie. Des protons à 300 000 volts auront encore une perte d'énergie dix fois supérieure à celle d'électrons de 80 000 eV.

Le mauvais pouvoir de pénétration des protons dans les préparations limitera l'emploi du microscope protonique à des préparations excessivement minces. Il sera plutôt utilisé pour l'examen des surfaces et l'étude des gaz.

RAYONS X. — *Radiographie par électrons secondaires*. Note ⁽¹⁾ de MM. A. SAULNIER et JEAN-JACQUES TRILLAT, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'un de nous ⁽²⁾ a montré que l'effet photoélectrique des rayons X produits sous des tensions de 150 à 200 kV pouvait être utilisé pour l'étude de surfaces métalliques et donner lieu à des radiographies ou microradiographies *par réflexion*. Dans cette méthode, la surface métallique joue le rôle de radiateur, émetteur d'électrons secondaires qui impressionnent seuls le film ou papier photographique.

Nous avons cherché à utiliser le phénomène photoélectrique pour l'obtention de radiographies d'objets très minces; l'objet, au lieu d'être, comme dans la radiographie par réflexion, son propre émetteur d'électrons, est *traversé* par des photoélectrons arrachés par les rayons X à une surface métallique contre laquelle il se trouve fortement appliqué. Il est donc nécessaire que cet objet se présente sous forme d'une feuille ou d'un film mince d'épaisseur constante (de l'ordre de quelques microns à quelques centièmes de millimètre).

Les rayons X incidents, produits par une ampoule fonctionnant entre 150 et 200 kV, traversent d'abord une plaque de celluloid noircie dont le rôle est d'éviter l'action de la lumière sur le film et de maintenir la préparation étudiée. Puis ils traversent une feuille de plomb parfaitement lisse et plane, d'une épaisseur de 0^{mm},2; cette feuille de plomb arrête la partie molle du rayonnement et, par sa face postérieure, émet une grande quantité de photoélectrons et joue ainsi le rôle de radiateur. La préparation examinée est fortement serrée entre la surface du métal et un film ou papier photographique, le côté sensible

⁽³⁾ *Rev. of mod. Phys.*, 9, 1937, p. 263.

⁽¹⁾ Séance du 9 mai 1945.

⁽²⁾ J.-J. TRILLAT, *Bull. Soc. Fr. Électr.*, 3, 1943, p. 25; *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 164; 216, 1943, p. 179; 216, 1943, pp. 179, 534 et 683.

étant en contact avec elle. Dans ces conditions le film est frappé par les photoélectrons qui ont traversé la préparation, ainsi que par ceux émis par celle-ci; les rayons X primaires ou secondaires ne donnent lieu à aucune impression sensible, comme il a été prouvé dans nos travaux antérieurs (à condition d'utiliser une ampoule fonctionnant entre 150 et 200 kV).

L'image photographique obtenue est due uniquement aux photoélectrons; l'interposition d'une mince feuille de celluloid entre le film sensible et la préparation suffit en effet à supprimer tout effet photographique. On obtient ainsi une véritable radiographie par électrons, tout à fait comparable à ce que donne le microscope électronique, grossissement mis à part. Si l'on utilise une émulsion à grains extrêmement fins, telle que celle utilisée en microradiographie, on peut agrandir l'image obtenue et obtenir ainsi des détails qui n'apparaissent pas sur l'original. Les temps de pose sont de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes.

Nous avons utilisé avec succès ce procédé dans de nombreux cas, tels que papiers, ailes ou élytres d'insectes, films de peinture ou de caoutchouc contenant des charges, feuilles végétales, coupes de tissus végétaux ou animaux. Les résultats obtenus sont souvent d'une grande netteté et apportent des compléments d'information à l'examen microscopique; ils sont particulièrement intéressants lorsque l'échantillon est opaque et ne peut donc être soumis au microscope.

Cette méthode se rapproche de celle décrite par P. Lamarque ⁽³⁾ pour l'étude de coupes minces par les rayons X mous; elle s'en distingue cependant par de nombreux points. Les photoélectrons sont en effet extrêmement absorbables par la matière, et leur loi d'absorption est très différente de celle des rayons X; la technique est très simple, ne nécessite pas l'emploi du vide ni d'appareils spéciaux, n'importe quelle installation de radiothérapie convenant parfaitement à l'obtention de bons clichés.

Il est enfin intéressant de remarquer que le phénomène est produit par des rayons X pénétrants, qui ne pourraient donner lieu à aucune radiographie d'objets aussi minces, et que le rôle du radiateur est de transformer ces rayons pénétrants en rayons corpusculaires fortement absorbables et d'une grande action photographique. On s'explique également ainsi le mécanisme de l'effet renforceur des écrans de plomb préconisés depuis quelques années dans la technique de la radiographie industrielle.

Nous nous proposons d'utiliser cette méthode pour la Microscopie électronique.

⁽³⁾ *Union intern. contre le cancer (Acta, 4, 1939, p. 205).*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'anomalie dilatométrique et l'anomalie thermo-élastique de l'invar japonais*. Note de MM. **PIERRE CHEVENARD** et **PIERRE-JEAN BOUCHET**, présentée par M. Albert Pérard.

L'invar japonais, découvert par H. Masumoto ⁽¹⁾ dans la série des alliages fer-cobalt-chrome, ayant paru offrir des propriétés métrologiques intéressantes, le Bureau international des Poids et Mesures a fait préparer des échantillons par les Aciéries d'Imphy et des études parallèles ont été entreprises au Pavillon de Breteuil et au laboratoire de l'usine.

Après avoir constaté qu'un écrouissage consécutif au recuit relève beaucoup la dilatabilité, MM. Volet et Bonhoure ⁽²⁾ ont découvert une propriété singulière : un même alliage peut être invar ou élinvar selon les traitements thermiques et mécaniques antérieurs. De notre côté, nous avons précisé l'influence de l'écrouissage et des recuits sur l'aimantation, la dilatation, les modules élastiques etc., des ferrocobalts chromés à faible dilatabilité, et recherché les réactions physicochimiques responsables des changements observés. Les résultats donnés plus loin à titre d'exemple concernent la coulée même étudiée par MM. Volet et Bonhoure; elle renferme, pour 100, outre le fer, C 0,05; Mn 0,37; Co 54,2; Cr 9,40.

On sait que le cobalt, incorporé au fer, donne, jusqu'à 78 %, des solutions solides ferritiques dont la transformation avec changement de phase $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ s'effectue à température supérieure à celle du fer, avec une faible hystérésis thermique ⁽³⁾. Une addition de chrome abaisse et étale la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ à la chauffe et accroît beaucoup l'hystérésis, c'est-à-dire étend du côté du fer et du côté des basses températures le domaine des alliages γ . Ainsi, pour l'alliage étudié, la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ débute à 730°, se trouve presque achevée à 850°, mais n'est réellement terminée qu'au delà de 900°. Au refroidissement une vitesse de quelques dizaines de degrés-heure suffit à empêcher toute transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, de telle sorte que les recuits industriels sont des hypertrempe au sens métallographique du mot.

La phase austénitique γ , ainsi maintenue en faux équilibre jusqu'à température ordinaire, est ferromagnétique, avec un point de Curie voisin de 175°, et possède une anomalie dilatométrique et une anomalie élastique de forte amplitude. Elle est pratiquement très stable à l'égard des traitements purement thermiques, puisque, après hypertrempe à 950°, il faut un revenu de plusieurs dizaines d'heures à 700° pour amorcer la

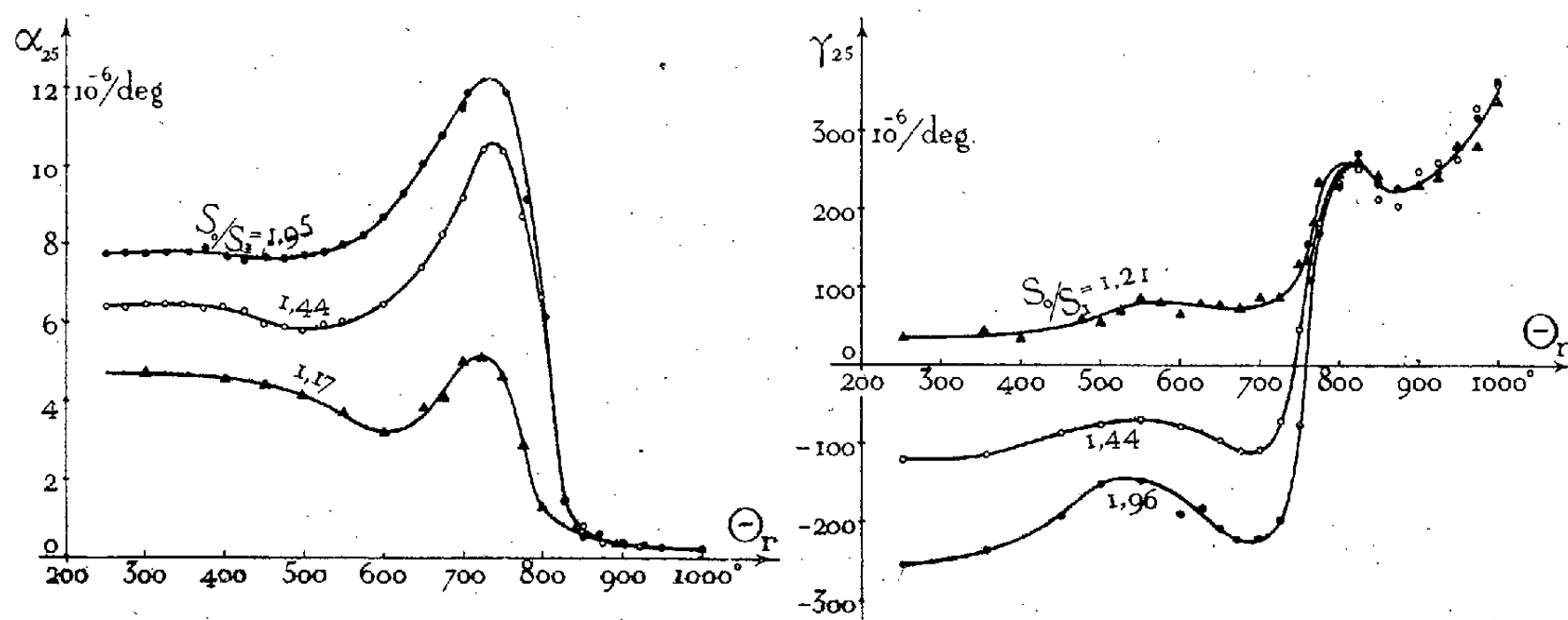
⁽¹⁾ *Sci. Rep. of Tôhoku imp. Univ.*, 23, n° 2, 1934, p. 265.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 734.

⁽³⁾ Voir en particulier M. FALLOT, *Métaux, Corrosion, Usure*, 18, 1943, p. 214.

transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Cette réaction, au contraire, est facilement provoquée par une déformation mécanique, et les revenus consécutifs à l'écrouissage se révèlent particulièrement actifs.

Ces données métallographiques éclairent les résultats expérimentaux consignés sur les figures 1 et 2. Des fils de l'alliage étudié, préalablement



hypertrempés, ont été allongés à la filière, soumis à un recuit de 30 minutes à des températures Θ_r échelonnées, puis essayés au dilatomètre différentiel ou au thermoélasticimètre enregistreur. Les courbes α_{25} et γ_{25} représentent, en fonction de Θ_r et pour différents taux d'étirage S_0/S_1 , la variation de la dilatabilité et du coefficient thermoélastique vrai (à la torsion), mesurés à 25°. A l'état γ , obtenu pour $\Theta_r > 900^\circ$, l'invar japonais a une dilatabilité très faible et un coefficient thermoélastique positif élevé. Mais toute intervention qui transforme une partie de la phase γ en phase α réduit les amplitudes de ces anomalies, c'est-à-dire relève la dilatabilité et abaisse le coefficient thermoélastique, au point que celui-ci peut devenir négatif. D'où les constatations suivantes au fur et à mesure que Θ_r augmente : jusqu'à 550° environ, variations de faible amplitude dues principalement à la destruction de l'écrouissage; de 550 à 730°, effets de la réaction $\gamma \rightarrow \alpha$ provoquée par le revenu; au delà de 730°, effets de la transformation allotropique $\alpha \rightarrow \gamma$. Les courbes des deux propriétés suivent une marche exactement inverse : seul le minimum du coefficient γ_{25} vers 875°, qui paraît en relation avec l'orientation cristalline, n'a pas de singularité correspondante sur la courbe de la dilatabilité α_{25} .

Malgré de sensibles différences, les phénomènes décrits s'apparentent à ceux qu'on observe dans les alliages fer-nickel. Mais, alors que pour étendre le domaine de la phase γ et pour doter celle-ci d'anomalies réversibles, il faut ajouter du chrome et du cobalt au fer, une addition de nickel

suffit à elle seule à produire ce double résultat. Par exemple, un fer-nickel à 31 % de Ni, qui possède à la fois une transformation $\alpha \Rightarrow \gamma$ fortement irréversible et une anomalie réversible de la phase γ , se comporte qualitativement comme l'invar japonais. L'écrouissage de l'invar Guillaume (solution Fe γ — Ni à 35,5 % de Ni) se borne à en abaisser la dilatabilité et le point de Curie (effets de la déformation sur la surstructure de la phase γ), car l'alliage est tout à fait inapte au changement de phase $\gamma \rightarrow \alpha$. Dans l'invar japonais le premier de ces effets d'ordre structural est évidemment masqué par l'effet physicochimique de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Mais nous avons constaté l'abaissement prévu du point de Curie, ce qui complète l'analogie des ferrocobalts chromés et des ferronickels.

MÉTALLURGIE. — *Tensions internes dans les tubes en acier centrifugé.*

Note de M. JEAN CAILLAUD, présentée par M. Albert Portevin.

Pour accroître la résistance des corps tubulaires aux fortes pressions intérieures, on fait naître des précontraintes dans l'épaisseur de la paroi, au moyen de frettes ou par autofrettage, de manière à mettre le métal en compression au voisinage de l'âme et en tension vers la périphérie. Or de semblables contraintes intérieures se rencontrent, après refroidissement, dans les tubes épais en *acier centrifugé*. Comme cette propriété est importante pour les applications, j'en ai entrepris l'étude quantitative.

Les expériences ont porté sur des tubes en acier chrome-molybdène préparés à Pamiers. Leur diamètre extérieur est voisin de 180^{mm} et leur épaisseur de 70^{mm}. L'acier (C 0,30; Cr 1,0; Mo 0,30) est introduit, par un jet axial, dans une coquille métallique garnie de sable réfractaire et tournant autour d'un axe peu incliné sur l'horizon.

Les contraintes intérieures, que l'on constate après refroidissement consécutif à la coulée ou après traitement thermique, tiennent à la forte ségrégation majeure qui résulte de la centrifugation. Les dendrites peu carburées, consolidées les premières, soumises à un champ gravifique plusieurs centaines de fois supérieur à celui de la pesanteur, sont chassées vers la périphérie, tandis que le liquide-mère s'enrichit en carbone : la ségrégation de cet élément est, sur quelques centimètres, comparable à celle d'un très gros lingot de plusieurs décimètres d'épaisseur.

Distance à l'axe (mm).....	23,5	27,5	31,5	37,5	50,0	57,5	62,5	80,0	90,0
Teneur en carbone %.....	0,56	0,50	0,38	0,32	0,28	0,26	0,21	0,18	0,24

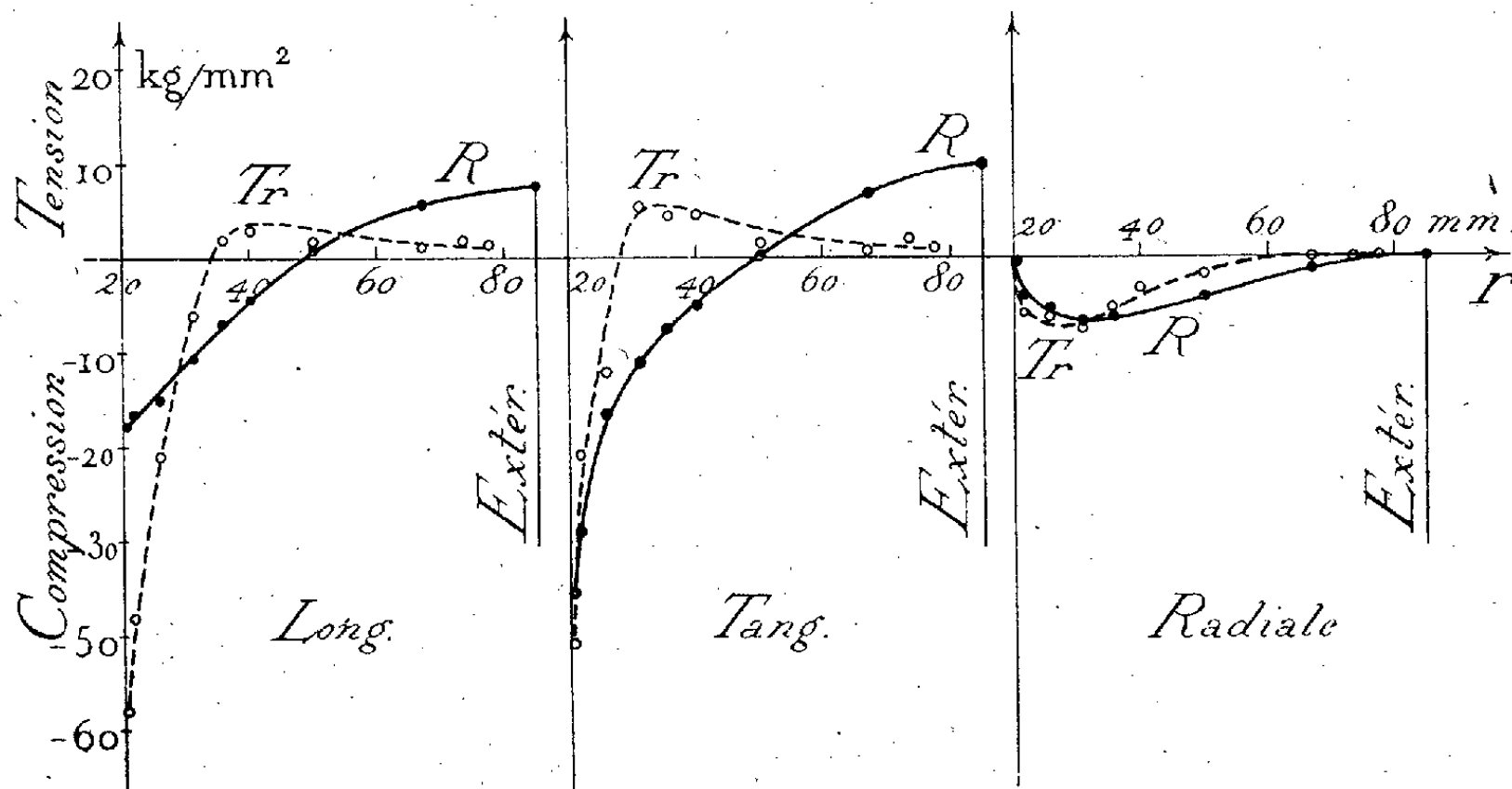
Pour le chrome et le molybdène, la ségrégation est sensible, mais beaucoup moins importante.

Il est facile de prévoir la naissance des contraintes au cours du refroidissement en étudiant les courbes de contraction enregistrées au dila-

tomètre sur des barreaux prélevés en divers points de la paroi. Pour une vitesse égale à celle du refroidissement spontané du tube à l'air, la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ survient entre 750 et 650° dans la zone externe (transf. perlitique), entre 500 et 400° dans la zone médiane (transf. Ar'') et au-dessous de 200° dans la zone interne, qui subit la transformation martensitique. D'après les changements de volume dus à ces transformations et compte tenu des phénomènes de relaxation visqueuse, on peut prévoir le sens des contraintes intérieures : il est évident, par exemple, que l'expansion associée à la transformation martensitique à 200° des couches internes les met en état de forte compression.

Il est d'ailleurs facile de mettre ces contraintes qualitativement en évidence. Le moyen le plus simple consiste à découper une mince galette en opérant une double saignée avec deux outils jumelés : on la voit prendre une forme bombée qui la fait ressembler à une rondelle Belleville. Si, après l'avoir chauffée vers 950°, on aplatit la rondelle par un coup de pilon, on la voit reprendre sa forme première pendant qu'elle se refroidit. On peut encore découper des anneaux minces, qui s'ouvrent ou se ferment après avoir été fendus.

Les mesures quantitatives ont été faites par la méthode classique du



forage : un tronçon de tube est soumis à des alésages successifs et l'on mesure chaque fois la longueur et le diamètre extérieur. La figure ci-dessus représente, pour tout point pris dans l'épaisseur du tube et défini par sa distance r à l'axe, les trois contraintes trirectangulaires, longitudinale, tangentielle et radiale. Les courbes R ont été obtenues après un recuit à 825° suivi d'un refroidissement à l'air; les courbes Tr concernant un tube trempé à 875° dans l'eau, revenu à 550° et refroidi à l'air. A ce

dernier état on note un maximum caractéristique des contraintes longitudinales et tangentielles.

L'intensité des contraintes ainsi créées, la facilité de les faire naître et d'en régler le taux en agissant sur la composition et sur le traitement thermique caractérisent l'intérêt des tubes épais en acier centrifugé, pour de nombreuses applications.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation électrolytique et dissociation thermique d'alliages magnésium-cadmium-praséodyme, magnésium-cadmium-samarium et magnésium-cadmium-yttrium.* Note de M. **FÉLIX TROMBE** et M^{lle} **FRANÇOISE MAHN**.

Le magnésium liquide, ainsi qu'on l'a vu précédemment ⁽¹⁾, déplace partiellement à haute température les métaux rares de leurs sels. En présence d'un excès de magnésium, la réaction est équilibrée; il se forme des alliages dont la teneur est fonction des conditions expérimentales et du caractère électropositif de l'ion rare engagé dans la réaction. Les métaux rares très électropositifs donnent des alliages de titre faible (yttrium 4 %, lanthane 6 %). Dans le groupe yttrique au contraire on atteint avec le gadolinium des concentrations de 12 %.

La distillation du magnésium contenu dans ces alliages laisse comme résidu fixe un métal rare d'autant plus pur que sa concentration initiale a été plus grande. Cette raison et aussi la considération des rendements, très mauvais dans la préparation de l'alliage d'yttrium, nous ont conduits à modifier la méthode de préparation des alliages magnésium-métaux rares cités plus haut.

Nous avons constaté que les alliages à faible teneur en gadolinium, concentrés à 30 % de ce métal par distillation du magnésium, restent liquides au-dessous de 800° C. Il en est de même lorsque le magnésium est associé initialement au zinc ou au cadmium.

Il est donc possible, *a priori*, d'utiliser comme cathode liquide et par conséquent d'enrichir les alliages magnésium-métaux rares de titres faibles. L'opération est difficile à conduire en l'absence de cadmium, la densité initiale de l'alliage étant insuffisante. Au contraire, si l'on ajoute 25 à 30 % de cadmium au magnésium, les alliages ternaires ainsi formés sont suffisamment denses pour servir de cathode liquide en présence d'un bain fondu à base de chlorure rare et de chlorures alcalins.

L'électrolyse en creuset de silice entre cette cathode, protégée de la silice par du molybdène, et une anode en graphite pur ⁽²⁾ située à la

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 217, 1945, p. 603.

⁽²⁾ F. TROMBE, M. FOËX et J. BARDET, *ibid.*, 220, 1945, p. 691.

partie supérieure du bain permet de concentrer le métal rare. L'alliage formé, plus dense que l'alliage initial s'élimine constamment de la surface cathodique. De même le chlorure rare, plus dense à l'état fondu que les chlorures alcalins se trouve, pendant l'électrolyse, constamment renouvelé au voisinage de la cathode.

A 750° C., température qui ne peut être dépassée sans distillation de cadmium (É. 775° C.) et projection du bain, l'électrolyse est très régulière et les métaux rares se dissolvent parfaitement dans la cathode de magnésium-cadmium constituée initialement. On obtient des alliages homogènes à cassure cristalline, très peu chargés en silicium (0,05 %) et ayant les compositions suivantes (%):

	Métal rare.	Magnésium.	Cadmium.
Praséodyme.....	35	46	19
Samarium.....	22,8	55,2	22
Yttrium.....	24	56	20

A partir des alliages précédents la préparation des métaux rares a été effectuée en deux stades.

Un chauffage progressif de 900 à 1200° C. en atmosphère d'argon pur sous 760^{mm} de mercure a pour but d'éliminer lentement, sans dispersion du métal fixe, la plus grande partie des métaux volatils. L'yttrium et le praséodyme après ce traitement sont exempts de cadmium et contiennent environ 5 % de magnésium. *Le samarium dès 1200° C., sous 760^{mm} d'argon distille avec le magnésium.* Il est donc impossible de le séparer par cette méthode.

Dans le deuxième stade de la purification, l'yttrium et le praséodyme sont chauffés sous vide jusqu'à leur point de fusion; ils ne contiennent plus de magnésium. Le praséodyme de densité 6,80, compact et malléable diffère du métal préparé par Kremers et ses collaborateurs ⁽³⁾; ce métal de densité plus faible, 6,60, pourrait contenir encore du lanthane. L'yttrium, également compact et malléable, est préparé pour la première fois à l'état pur. Kremers et ses collaborateurs ⁽⁴⁾ ont effectué en 1926 l'électrolyse directe du chlorure d'yttrium, mais le métal qu'ils ont décrit n'est pas malléable et se brise facilement au choc.

En résumé, des alliages magnésium-cadmium riches en métaux rares peuvent être préparés par électrolyse. Par chauffe dans l'argon pur on élimine le cadmium et la presque totalité du magnésium. Le samarium ne peut être purifié par cette méthode, car il est entraîné par le magnésium. Le praséodyme et l'yttrium portés sous vide jusqu'à leur point de fusion sont compacts et parfaitement exempts de métaux volatils.

⁽³⁾ J. WIERDA et H. C. KREMERS, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 48, (preprint) 1925.

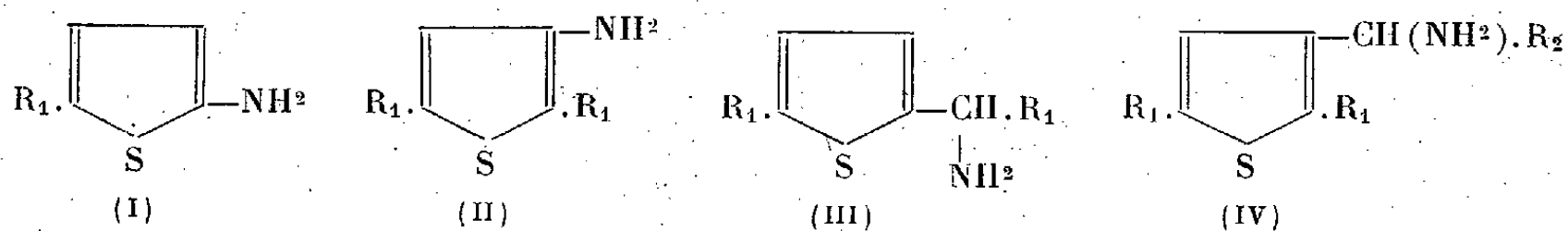
⁽⁴⁾ A. P. THOMPSON, W. B. HOLLEN et H. C. KREMERS, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 49, (preprint) 1926.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de la position (α ou β) sur les propriétés des groupements fonctionnels dans le noyau thiophénique. Passage des oximes aux amines.* Note de M. PIERRE CHABRIER et M^{lle} BIANCA TCHOUBAR, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré ⁽¹⁾ que certaines réactions générales pouvaient affecter différemment les mêmes groupements fonctionnels suivant que ces derniers étaient situés en α ou en β par rapport au soufre dans l'hétérocycle thiophénique.

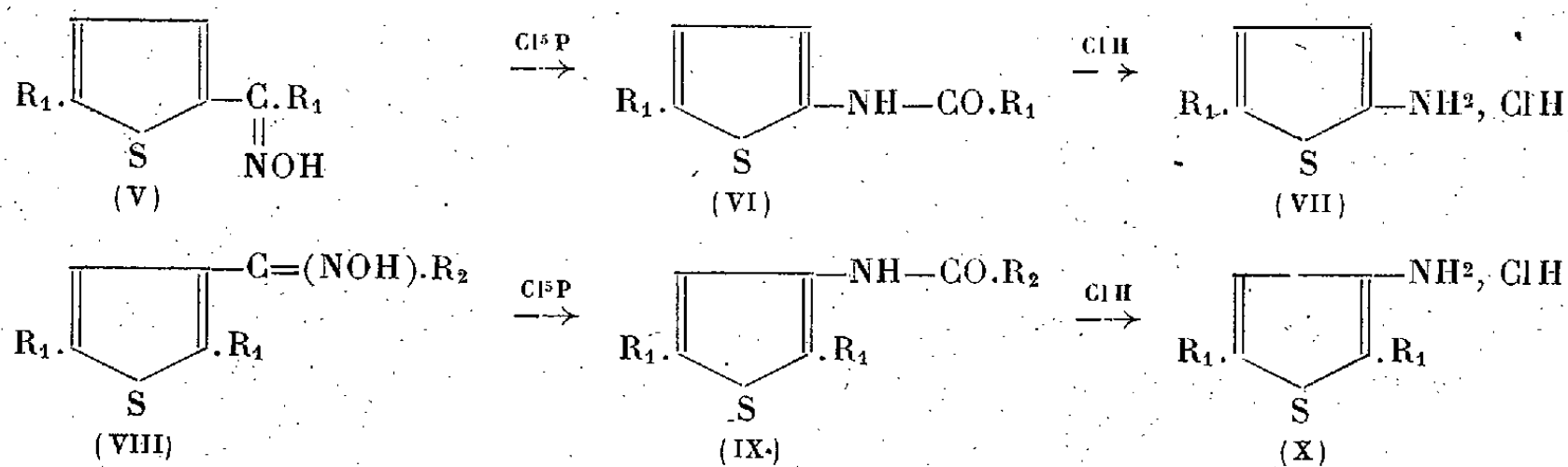
L'objet de cette Note est de signaler un nouvel exemple de réactions où l'atome de soufre thiophénique exerce une influence marquée sur les propriétés de groupements fonctionnels situés dans son voisinage.

Ces nouvelles observations se rapportent aux amines thiophéniques; amines nucléaires α et β (I) et (II) d'une part, amines extranucléaires α et β (III) et (IV) d'autre part.



A. *Amines nucléaires* (I) et (II). — Ces amines ont été obtenues par transposition des oximes des α et β thiénylcétones (réaction de Beckmann).

Le procédé utilisé pour provoquer cette transposition consiste à traiter l'oxime (V) par le pentachlorure de phosphore en milieu étheré anhydre; on précipite par l'eau glacée l'acylamine (VI), qui est désacylée par l'acide chlorhydrique concentré (VII).



I. AMINES NUCLÉAIRES α -(I). — *Acétylamino-2 thiophène.* — Steinkopf ⁽²⁾ a montré que

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 284.

⁽²⁾ *Ann. der Chem.*, 403, 1914, p. 17.

la transposition de l'oxime de l' α -méthylthiénylcétone s'effectuait, quelle que soit la technique utilisée, avec de très mauvais rendements. Thyssen ⁽³⁾ signale l'instabilité de l'amino-2 thiophène vis-à-vis des acides minéraux concentrés.

b. Methyl-5 amino-2 thiophène. — Le dérivé acétylé de ce composé (VI) a été obtenu selon la technique précédemment indiquée, avec des rendements de l'ordre de 20 %; sa désacétylation par ClH s'accompagne d'une désulfuration (départ de SH²) pouvant être totale si le chauffage est prolongé.

Le chlorhydrate de l'amine (VII) ne peut être isolé que par concentration dans le vide.

II. AMINES NUCLÉAIRES β . — *Diméthyl-2.5 amino-3 thiophène.* — Le dérivé acétylé de ce composé (IX) a été obtenu par transposition de l'oxime de la β -méthylcétone-3 du diméthyl-2.5 thiophène avec des rendements de l'ordre de 10 %. Ce composé se désacétyle par ClH à chaud sans subir de décomposition et conduit au chlorhydrate (X), à partir duquel on a préparé l'urée et les sulfamides. Ces derniers composés ont été obtenus par copulation du chlorure de l'acide paraacétylaminobenzène sulfonique et du chlorhydrate du diméthyl-2.5 amino-3 thiophène en milieu pyridinique.

B. *Amines extranucléaires (III) et (IV).* — Ces amines ont été préparées par réduction des oximes des α et β -thiénylcétones au moyen de l'amalgame de sodium en milieu légèrement acétique et à froid.

1° *Amine extranucléaire α .* — Goldschmitt et Schulthen ⁽⁴⁾ décrivent l' α -(amino-1 éthyl)-thiophène et signalèrent l'action des acides forts qui le décomposent rapidement à chaud en donnant en particulier du chlorure d'ammonium.

Nous avons préparé l' α -méthyl- α (amino-1 éthyl)-thiophène qui se carbonate très rapidement à l'air et dont on a isolé le chlorhydrate en milieu éther anhydre. En milieu chlorhydrique concentré, cette base se décompose très rapidement en abandonnant un dépôt de soufre, des résines et du chlorure d'ammonium.

2° *Amine extranucléaire β .* — Nous avons préparé le α_1 -diméthyl- β (amino-1 éthyl)-thiophène par hydrogénation de l'oxime correspondante; contrairement au dérivé α substitué, le chlorhydrate de cette amine est très stable et ne subit pas de décomposition en milieu acide à chaud.

En résumé, les propriétés des amines dérivées des homologues du thiophène diffèrent sensiblement selon la position (α ou β) du groupement aminé par rapport au soufre thiophénique. Les amines α substituées s'obtiennent difficilement et se montrent beaucoup plus sensibles à l'action des acides forts que les amines β substituées (les positions α et α_1 de ces dernières étant occupées par des radicaux alcoylés).

Ainsi les amines nucléaire α (I) et extranucléaire α (III) se désulfurent facilement sous l'influence des acides forts, les premières libérant SH², les secondes abandonnant un dépôt de soufre; dans les mêmes conditions les amines nucléaire β (II) et extranucléaire β (IV) ne sont pas altérées.

⁽³⁾ *J. prakt. Chem.*, 65, 1902, p. 19.

⁽⁴⁾ *Ber. d. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 1700.

COMPOSÉS NOUVEAUX PRÉPARÉS.

C^7H^9ONS , α -méthyl α_1 -acétylaminothiophène.....	F 167°
C^5H^8NSCl , chlorhydrate de α -méthyl α_1 -aminothiophène.....	149-150°
$C^8H^{11}ONS$, $\alpha\alpha_1$ -diméthyl β -acétylaminothiophène.....	104-105
C^6H^9NSCl , chlorhydrate de $\alpha\alpha_1$ -diméthyl β -aminothiophène.....	205-206
$C^7H^{10}ON^2S$, $\alpha\alpha_1$ -diméthylthiénylurée.....	181°
$C^{14}H^{16}O^2N^2S^2$, β -(<i>p</i> -acétylamino benzène sulfonamido)- $\alpha\alpha_1$ -diméthylthiophène.....	197
$C^{12}H^{14}O^2N^2S^2$, β -(<i>p</i> -aminobenzènesulfonamido)- $\alpha\alpha_1$ -diméthylthiophène.....	122
$C^7H^{11}NS$, α -méthyl α_1 -(amino-1 éthyl)-thiophène.....	E ₁₇ 95-96°
$C^7H^{12}NSCl$, chlorhydrate d' α -méthyl α_1 -(amino-1 éthyl)-thiophène.....	F 110°
$C^8H^{12}ON^2S$, α -méthyl α_1 -(uréido-1 éthyl)-thiophène.....	145
$C^8H^{13}NS$, $\alpha\alpha_1$ -diméthyl β -(amino-1 éthyl)-thiophène.....	E ₁₅ 97-98°
$C^8H^{14}NSCl$, chlorhydrate d' $\alpha\alpha_1$ -diméthyl β -(amino-1 éthyl)-thiophène.....	F 200°
$C^9H^{14}ON^2S$, $\alpha\alpha_1$ -diméthyl β -(uréido-1 éthyl)-thiophène.....	198

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de fluorure de bore*. Note de MM. HENRI LÉFEBVRE et ÉMILE LEVAS, présentée par M. Marcel Delépine.

Le présent travail apporte une contribution à la fois au problème de l'alcoylation directe des molécules aromatiques par les carbures éthyléniques, et à l'étude des remarquables propriétés catalytiques du fluorure de bore mises en évidence par Nieuwland et son école (¹). Ayant trouvé que le BF_3 , même en faible quantité, catalyse l'alcoylation directe du phénol ordinaire par le cyclohexène, nous avons fait une étude systématique de cette condensation.

Antériorités. — Schrauth et Quasebarth (²) obtinrent, en condensant à froid le cyclohexène et le phénol dans un mélange à parties égales de SO^4H^2 et de CH^3CO^2H , le *para*-cyclohexylphénol et l'oxyde de phényle et de cyclohexyle, avec des rendements respectifs de 17 et 7,5 % par rapport au cyclohexène. Bodroux (³), faisant réagir 4^{mol},8 de phénol et 1^{mol},46 de cyclohexène en présence de 60% de Cl^3Al , obtint l'*ortho*- et le *para*-cyclohexylphénol avec des rendements de 59 et 20 % suffisants pour rendre pratique leur préparation par cette méthode. Skraup et Beifuss (⁴) obtinrent, par chauffage d'un mélange équimoléculaire de cyclohexène et de phénol pendant 72 heures à 350°, de l'*o*-cyclohexylphénol (Rdt 30 %) et un dicyclohexylphénol (E₁₅ 218-220), qu'ils présumèrent être l'isomère *o-o'* (Rdt 12 %).

Résultats de nos recherches. — Au phénol, porté vers 40° et ayant dissous le BF_3 , on ajoute le cyclohexène. La réaction est très exothermique; quand elle est achevée, et après élimination éventuelle du phénol n'ayant pas réagi, on isole les produits de condensation, généralement par une distillation sous

(¹) *J. Amer. Chem. Soc.*, 1932 et suiv.

(²) *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 856.

(³) *Ann. Chim.*, 11, 1929, p. 511.

(⁴) *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 1700.

pression réduite; l'*ortho*- et le *para*-cyclohexylphénol sont facilement séparés en utilisant la différence de solubilité de leurs sels de sodium.

Nos recherches, dont le détail sera publié dans un autre recueil, ont montré que l'alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de BF_3 :

- 1° se fait sans aucune difficulté, même si BF_3 n'est qu'en faible quantité;
- 2° donne, pour des proportions convenables des réactants, et relativement peu de BF_3 , de l'*ortho* et du *para*-cyclohexylphénol avec des rendements voisins de ceux de Bodroux, qui opérait avec une grande quantité de Cl^3Al ;
- 3° donne toujours environ 3^{mol} d'isomère *ortho* pour 1 de *para*;
- 4° produit, avec des rendements élevés si le milieu réactionnel est suffisamment riche en cyclohexène, du di- et du tricyclohexylphénol. Ce dernier composé n'a pas encore été signalé dans la littérature chimique;
- 5° n'est pas accompagnée, du moins dans nos conditions opératoires, de formation d'oxyde de phényle et de cyclohexyle, contrairement à ce que Schrauth et Quasebarth ont observé en utilisant un autre catalyseur;
- 6° présente sur la méthode de Bodroux un sérieux avantage : elle évite les dégagements de ClH et la décomposition après la réaction des complexes donnés par Cl^3Al . Dans nos recherches nous détruisons avant la distillation la petite quantité de BF_3 introduite par un peu d'eau, ce qui peut se faire sans précautions spéciales et ne donne lieu à aucun dégagement gazeux gênant.

Le tableau suivant contient les principaux résultats de quelques-unes de nos expériences, dans lesquelles la totalité du C^6H^{10} entraînait toujours en réaction.

				Rdt en cyclohexylphénols % par rapport au cyclohexène.		
Fluorure de bore.	Phénol.	Cyclohexène.	mol. cyclohexène			
			mol. phénol	mono (o + p).	di.	tri.
8 ^s	470 ^s	82 ^s	1/5	72	—	—
7,5	282	61	1/4	71,5	—	—
6	94	82	1	28,7	31	7,9
6	94	164	2	7,9	26,4	39,6

CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS DES CYCLOHEXYLPHÉNOLS OBTENUS (temp. corrigées). — 1° *Para*-cyclohexylphénol. — Cristaux blancs facilement sublimes, F 131°, \bar{E}_{752} 293,5-295°, 5; \bar{E}_{14-15} 162,5-164°, 5. Éther méthylique, solide blanc, F 58-59°. Ester benzoïque, solide blanc, F 118-119°.

2° *Ortho*-cyclohexylphénol. — Cristaux blancs, F 56-57°; \bar{E}_{760} 282,5-283°, 5; \bar{E}_{13} 152,5-153°, 5. Éther méthylique, $\bar{E}_{777,5}$ 268-269°, 5; d_4^{19} 1,004; n_D^{19} 1,528; RM, trouvé 58,31; théorique 58,08. Ester benzoïque solide blanc, F 39-40°.

L'*ortho*-cyclohexylphénol donne une phthaléine soluble dans les bases, qu'elle colore en rouge violacé; le *para*-cyclohexylphénol ne donne pas cette réaction, d'où un moyen rapide de distinguer ces deux isomères.

3° *Dicyclohexylphénol*. — Liquide très visqueux, incolore fraîchement distillé, mais qui jaunit rapidement; insoluble dans les solutions de NaOH , mais s'acétylant presque quantitativement (96,35 %) en milieu pyridinique. \bar{E}_{13} 217,5-219°, 5. A l'ébullition sous la pression atmosphérique, qui débute vers 360°, se désalcoyle partiellement en libérant du cyclohexène.

5° *Tricyclohexylphénol*. — Solide vitreux jaune clair. E_{12-13} 263,5-268°,5; taux d'acétylation pyridinique 96,40 %. A l'ébullition sous la pression normale, se désalcoyle partiellement (plus facilement que le dicyclohexylphénol, sans doute à cause d'une température plus élevée) en libérant du cyclohexène.

Résumé. — Nous avons montré que BF_3 est un excellent catalyseur d'alcoylation directe du phénol par le cyclohexène, et que son emploi permet de préparer commodément avec de bons rendements les mono (*ortho* et *para*), di et tricyclohexylphénols. Nous étudions actuellement l'alcoylation en présence de BF_3 de divers phénols et éthers-oxydes phénoliques par différents composés éthyléniques.

GÉOCHIMIE. — *Sur la formation des gisements d'apatite*. Note de MM. **ADRIEN-ANDRÉ SANFOURCHE** et **ALEXANDRE KRAPIVINE**, présentée par M. Albert Portevin.

La concentration des phosphates naturels dans de puissants gisements localisés, où ils sont toujours accompagnés de fluorures, s'explique, suivant la théorie de Carnot, par la réaction des fluorures en solution sur les phosphates à l'état solide ou eux-mêmes dissous, la solubilité de l'apatite qui résulte de leur combinaison étant inférieure à leur solubilité individuelle. Carnot ⁽¹⁾ a pris comme base de sa théorie le fait que les os récents ont une teneur très faible en fluor, tandis que les os fossiles en contiennent bien davantage. C'est aux infiltrations d'eaux qui, dans la suite des temps, sont venues en contact avec eux, qu'il attribue l'enrichissement en fluor. A l'appui de cette hypothèse, ayant placé un os dans une solution de fluorure alcalin au 1/50, additionné de 1 % de carbonate ammonique, il a vu sa teneur en fluor passer de 0,31 à 4,74 % après 5 mois. En substituant au fluorure dissous du spath fluor pulvérisé, l'enrichissement est beaucoup plus lent, quoique certain : 0,43 % après 4 mois. Mais ceci ne se produit qu'en vase ouvert, où l'on remplace fréquemment l'eau évaporée; en vase fermé la teneur en fluor ne varie pas. Carnot en a tiré d'ingénieuses déductions sur les conditions où ces réactions ont pu se produire dans les zones lagunaires des mers anciennes, soumises à des alternatives de dessiccation et de réimmersion.

Nous avons recherché si le changement de réaction du milieu ne permettrait pas de s'affranchir de ces hypothèses. Considérant la formation de l'apatite à partir des phosphates des résidus animaux, Carnot croyait devoir y faire participer l'ammoniaque, produit de la putréfaction; il insiste sur le rôle du carbonate ammonique comme véhicule des phosphates ⁽²⁾. Envisageant de préfé-

⁽¹⁾ *Ann. Mines*, 9^e série, 3, 1893, p. 155; *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 724.

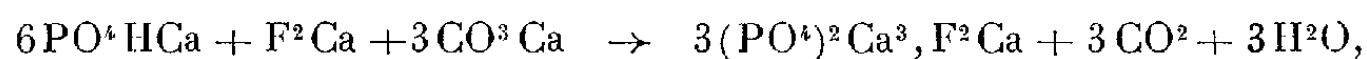
⁽²⁾ L. Hackspill et D. Claude (*Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1152) ont cependant trouvé une solubilité négligeable du phosphate tricalcique dans les solutions de carbonate ammonique.

rence des réactions en milieu exclusivement minéral, nous avons utilisé comme élément solubilisateur le gaz carbonique, toujours présent en dissolution dans les eaux; l'eau de mer en contient 50 cm^3 par litre, soit environ le $1/20$ de ce qui correspond à la saturation à température et pression ordinaires. Or la solubilité du fluorure de calcium, qui n'est que de $0^s,18$ par litre à 25° dans l'eau pure, est décuplée dans l'eau saturée de gaz carbonique à 25° et, à la pression atmosphérique, nous l'avons trouvée égale à $0^s,186$.

Nous avons utilisé deux solutions phosphatées : 1° celle résultant de l'action de l'eau chargée de CO^2 sur le phosphate tricalcique, que l'on peut considérer comme contenant du phosphate dicalcique et du carbonate acide de calcium; 2° une solution de phosphate dicalcique pur, cela à titre de comparaison et afin de faire abstraction de l'action propre de l'acide carbonique. On les a fait agir sur le fluorure de calcium précipité pur, avec ou sans carbonate de calcium; comme Carnot lui-même, nous avons examiné parallèlement l'action d'un fluorure soluble. Chaque solution ou suspension était introduite dans un flacon bouché, et le tout laissé en contact à température ambiante avec agitation intermittente chaque jour. L'acide phosphorique resté en solution était dosé sur des prélèvements de 200 cm^3 par la méthode au phosphomolybdate.

Corps réagissants.	P ² O ⁵ en solution (mg/litre).				Taux % de précipitation.
	Initial.	Après 18 j.	32 j.	60 j.	
P ² O ⁸ Ca ³ + CO ² + F ² Ca.....	108,2	—	107	104,6	3,3
P ² O ⁸ Ca ³ + CO ² + FNa... ..	108,2	32,7	31,4	25,4	76,5
PO ⁴ HCa + F ² Ca + CO ³ Ca.....	46	—	43,6	38,4	16,5
PO ⁴ HCa + FNa + CO ³ Ca.....	46	0	0	0	100
P ² O ⁸ Ca ³ + CO ² + F ² Ca + CO ³ Ca..	108,2	85,1	21,2	0	100
P ² O ⁸ Ca ³ + CO ² + FNa + CO ³ Ca..	108,2	0	0	0	100

Ces résultats montrent que l'état solide du fluorure n'est pas un obstacle à la génération de l'apatite, qui a été identifiée par ses caractères microscopiques dans le dépôt solide. Bien que moins rapide que sous l'action d'un fluorure soluble, cette formation n'est pas moins manifeste, et peut être complète dans un laps de temps relativement court. Deux réactions sont possibles : la première,



est celle qu'ont envisagée les géologues expliquant la formation des gîtes phosphatés au contact de l'eau de la mer avec des roches calcaires. Mais on peut en concevoir une autre faisant intervenir le carbonate acide de calcium en solution,



Elle a ceci de remarquable qu'elle n'exige pas la présence de calcaire pour la précipitation de l'apatite; elle doit donc conduire à des dépôts plus riches en phosphate, la roche précipitante ne risquant pas de le diluer.

Conclusion. — Nos expériences confirment la théorie de Carnot sur la genèse des gisements d'apatite, tout en lui conférant une plus grande extension; en effet ce savant avait été frappé de la faible teneur en fluor de l'eau de mer qu'il avait analysée, et où il n'en avait trouvé que 0^s,822 par mètre cube. Il en concluait qu'un grand nombre de siècles avait été nécessaire pour un accroissement sensible de la proportion de fluor dans les phosphates. On voit qu'en milieu faiblement acide il n'est pas nécessaire que le fluor existe préalablement en solution, et que le processus d'apatitisation peut être rapide même au contact de fluorures insolubles.

PALÉONTOLOGIE. — *Développements aberrants chez des Nummulites.*

Note de M. RENÉ ABRARD.

Il n'a pas, à ma connaissance, été signalé de développements tératologiques chez les Nummulites; ceux-ci sont extrêmement rares et, sur plusieurs milliers d'échantillons de toutes espèces examinés, je ne puis en citer que deux, concernant des individus recueillis par M.A. Fabre dans le Lutétien du bassin aquitainien, et conservés au laboratoire de Géologie du Museum.

L'un est une *Nummulites millecaput* Boubée (= *N. complanatus* Lmk.) de Port-de-Lanne (Landes), de 30^{mm} de diamètre, qui présente un enroulement hélicoïdal composé de trois tours bien détachés, le deuxième séparé du premier par une gouttière de 6^{mm},5 de profondeur sur 7^{mm} de hauteur, le troisième étant d'un diamètre moindre et rabattu sur le précédent.

Il ne s'agit pas de tours de spire, l'enroulement de celle-ci apparaissant comme non troublé, mais de l'ensemble de la coquille qui a poursuivi son accroissement suivant une hélice au lieu de le maintenir dans un plan; des sections axiales montrent en effet, en chaque point de la rampe constituant l'hélice, la structure d'une Nummulite normale, composée de nombreux tours de spire.

Il n'y a donc pas lieu, pour expliquer cette très curieuse malformation, de rechercher son origine dans une division aberrante de la loge initiale ayant abouti à des Nummulites jumelées, puis triplées; on est bien en présence d'un seul et unique individu. Il est assez difficile d'imaginer, du point de vue géométrique, comment une coquille composée de tours de spire très embrassants a pu évoluer dans le sens de la disposition indiquée. Il semble qu'une ondulation très marquée du bord se soit accusée jusqu'à provoquer à un certain moment un bourrelet, à partir duquel la coquille a continué à s'accroître hors du plan équatorial des premiers tours de spire.

Le second échantillon de 17^{mm} de diamètre se rapporte à *Nummulites aturicus*, Joly et Leymerie (= *N. perforatus* Montf.) var. *crassus* Boubée, provenant de Sordes (Landes); il montre deux ondulations si prononcées qu'elles aboutissent à un rabattement du bord de la coquille suivant une perpendiculaire au plan

équatorial et à un début de formation d'un bord supplémentaire, portant sur la moitié de la circonférence de la coquille et se détachant de celle-ci ; c'est en somme l'amorce du mouvement hélicoïdal poussé très loin chez l'individu de *N. millicaput* précédemment examiné.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Biostatistique des Diatomées et Chrysostomatacées fossiles de deux tourbières du Cantal*. Note ⁽¹⁾ de M. F. FIRTION, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

L'étude biostatistique des Diatomées fossiles a donné de précieux résultats en vue de l'établissement de la stratigraphie et de la chronologie fines du Quaternaire péri-baltique. En ce domaine se font sentir les variations générales de salinité des milieux de sédimentation, variations que traduisent bien les pourcentages de quelques-uns de ces fossiles. Il n'en va pas de même pour les milieux de sédimentation exclusivement lacustres, où interviennent de multiples facteurs locaux souvent sans rapport avec les grands faits de l'histoire du Quaternaire.

J'ai cependant tenté l'étude statistique des Diatomées, ainsi que celle des Chrysostomatacées qui leur sont associées, les unes et les autres présentes en abondance dans des couches de vase et de tourbe de deux tourbières du Cantal distantes l'une de l'autre de 16 kilomètres à vol d'oiseau : celle de la Taphanel à Riom-ès-Montagne (alt. 950^m) et celle du Joland à Ségur-les-Villas (alt. 1100^m). Ces deux tourbières ont été sondées et analysées polliniquement par M^{me} C. Dubois et G. Dubois ⁽²⁾, qui m'ont communiqué leurs récoltes. La première tourbière offre 6^m de tourbe sur 2^m,50 de vase ; la deuxième 7^m,25 de tourbe sur 0^m,75 de vase. Leurs analyses polliniques révèlent une histoire forestière flamandaise commençant peu avant l'oscillation chaude d'Allerød et se déroulant ensuite avec ses phases climatiques classiques du subarctique à nos jours.

Les niveaux riches en restes siliceux : frustules de Diatomées, coques de Chrysostomatacées et spicules de Spongilles (*Ephydatia* et *Spongilla*), tous restes en bon état de conservation, gisent, à la Taphanel, à une profondeur de 4^m,50 à 7^m ; au Joland, de 3^m,25 à 8^m.

L'investigation a porté sur les genres suivants : *Melosira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Eunotia*, *Cocconeis*, *Neidium*, *Diploneis*, *Stauroneis*, *Frustulia*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Cymatopleura*, *Surirella*, *Campylodiscus*. Ceux susceptibles d'être utilisés statistiquement sont *Melosira*, *Fragilaria* et *Gomphonema*.

⁽¹⁾ Séance du 4 avril 1945.

⁽²⁾ C. R. Séances Soc. Géol.-Fr., 1944, v, pp. 46-48 ; vi, pp. 61-63 ; Comptes rendus, 219, 1944, p. 465.

Les *Melosira* sont surtout abondantes à la Taphanel, avec une poussée moyenne dans le niveau vaseux de la phase d'Alleröd, et une poussée plus considérable dans le *dy* à Chênaie mixte. Il est remarquable qu'au Joland, où les *Melosira* tiennent une place discrète, elles ont pourtant une poussée sensible au même niveau stratigraphique qu'à la Taphanel.

Les *Fragilaria*, abondantes dans les deux tourbières, y ont une poussée marquée dans la tourbe boueuse de type *dy* de la phase forestière froide à Bouleau-Pin, puis une autre au Joland dans la tourbe à Chênaie mixte.

Les *Gomphonema* n'ont d'importance qu'au Joland, avec poussée principale dans la tourbe coïncidant avec celle du *Corylus*, mais on n'observe rien d'analogue à la Taphanel.

Les Chrysostomatacées présentes dans les deux tourbières appartiennent aux genres *Chrysostomum*, *Clericia*, *Chrysastrella*. Le genre *Carnegia* est abondant au niveau 4^m,50 de la Taphanel. A chacun des niveaux j'ai bloqué toutes les Chrysostomatacées et établi leur pourcentage total par rapport à l'ensemble des Diatomées. Les pourcentages sont surtout élevés à la Taphanel (jusqu'à 1179 %). Dans les deux tourbières ils montrent la même poussée dans le niveau vaseux de la phase allerödienne. Une deuxième poussée se dessine ensuite dans la tourbe au début de la phase à Chênaie mixte à la Taphanel, au début de la phase à Fagabiétaie au Joland.

En résumé on peut constater que dans les deux tourbières s'observent, surtout vers la base de leurs dépôts, une même pullulation d'organismes siliceux, généralement désordonnée, avec toutefois des poussées contemporaines : 1° de Chrysostomatacées dans la vase allerödienne; 2° de *Fragilaria* dans la tourbe de type *dy* à Bouleau-Pin; 3° de *Melosira* dans la tourbe à Chênaie mixte.

Ces remarques, qu'il n'est pas question de généraliser, doivent être considérées comme une contribution à la mise au point des méthodes biostatistiques appliquées à la stratigraphie fine des terrains quaternaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inhibition temporaire du développement d'un bourgeon axillaire due à la présence d'un moignon de tige surmontant ce bourgeon.* Note (1) de M. RENÉ CASTAN, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait d'une part que l'amputation du bourgeon terminal provoque la levée de l'inhibition du développement du bourgeon axillaire situé immédiatement au-dessous de la section; d'autre part nous avons signalé (2) le maintien temporaire de l'inhibition du développement d'un bourgeon axillaire lorsqu'il est surmonté d'un moignon de tige en voie d'étalement cellulaire et sans multiplication cellulaire. Ces diverses expériences nous renseignent insuffisamment sur

(1) Séance du 7 mai 1945.

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 576.

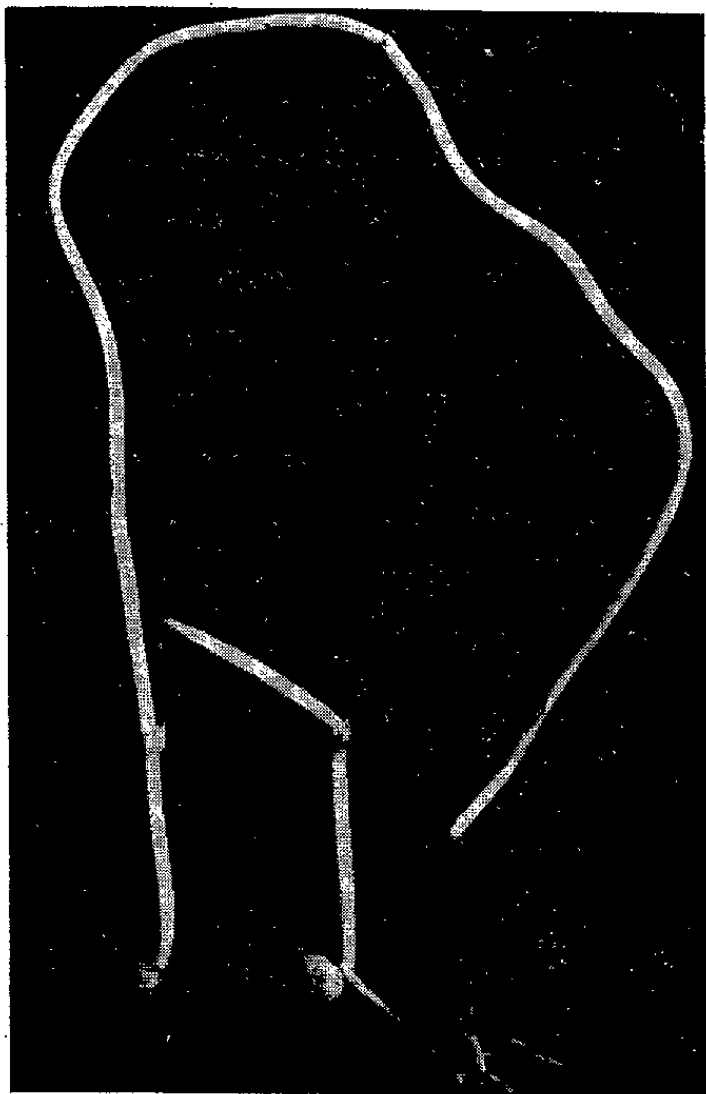
la nature des facteurs responsables de l'inhibition; dans cette Note nous allons montrer que l'un de ces facteurs présente les caractères du type hormonal.

Prenons des plantules de Pois (var. *Express-Alaska*) élevées à l'obscurité dans une étuve à la température de 25° environ et pourvues d'une tigelle portant 4 bourgeons axillaires et 1 bourgeon terminal distant d'environ 3^{cm} du dernier bourgeon axillaire, de telle sorte que le dernier entre-nœud soit formé de cellules adultes ayant achevé leur croissance sur au moins 2^{cm} à partir du 4^e bourgeon axillaire. Ces plantules seront traitées de la façon suivante :

a. plantules, dont la tigelle est sectionnée juste au-dessus du premier bourgeon axillaire à partir de la base;

b. plantules amputées de la tigelle à 2^{cm} au-dessus du 4^e bourgeon axillaire, et ensuite suppression, à l'aide d'une légère incision, des 2^e, 3^e et 4^e bourgeons axillaires; dans ces conditions un moignon de 25 à 30^{cm} de longueur, dépourvu de tout centre d'activité (bourgeons) surmonte le premier bourgeon axillaire.

Résultats de l'expérience. — Six jours après ces amputations on constate



A droite, plantule ayant développé son bourgeon axillaire
(photographie prise six jours après l'amputation de la tigelle).

A gauche, plantule montrant l'inhibition presque totale du développement de son bourgeon axillaire, surmonté d'un long moignon de tige, au bout du même temps.

que : (*a*) les plantules, amputées de la tigelle juste au-dessus du premier bourgeon axillaire, ont, dans les délais normaux, c'est-à-dire dans les 48 heures qui suivent l'amputation, développé ce bourgeon qui a donné naissance à un rameau qui mesure, au bout de 6 jours, de 35 à 45^{mm} de longueur; (*b*) les plantules

possédant un moignon de tigelle surmontant le premier bourgeon axillaire ont montré un retard dans le développement de ce bourgeon, tel qu'au bout de 6 jours il n'a donné naissance qu'à un rameau mesurant à peine 2 à 3^{mm} de longueur, et parfois même ne montre aucune croissance (voir la photographie).

En conséquence, si, durant la croissance normale de la tigelle intacte, l'inhibition du développement des bourgeons axillaires par le bourgeon terminal en voie d'allongement était due seulement à l'attraction des substances trophiques par ce bourgeon, la suppression de ce dernier devrait amener, immédiatement et dans tout les cas, la levée de l'inhibition du développement des bourgeons axillaires inférieurs. Ainsi, dans nos expériences, si cette causalité trophique intervenait seule, le démarrage du bourgeon axillaire, surmonté ou non d'un moignon de tigelle, devrait avoir lieu au même instant, puisqu'il n'y a plus de centre d'attraction par suite de la suppression du bourgeon terminal. Il n'en est pas ainsi; le bourgeon axillaire surmonté d'un long moignon de tigelle reste quelques jours en état d'inhibition. On ne peut pas invoquer ici la consommation de matériaux trophiques qui serait faite par le moignon, car celui-ci, dans notre expérience, ne présente plus ni multiplication ni étalement cellulaires; ses activités respiratoire et transpiratoire interviennent seules pour consommer les réserves, mais elles ne sont pas la cause ici, puisque après 5 à 6 jours l'inhibition due au moignon est à peu près levée, alors que le moignon reste encore longtemps vivant et continue à respirer et à transpirer. Il semble donc ressortir de cette expérience que la seule présence du moignon surmontant le premier bourgeon axillaire produit une inhibition temporaire, que l'on ne saurait expliquer que par l'existence dans ce moignon d'une substance dont le taux baisserait peu à peu, pour atteindre un seuil qui ne serait plus inhibiteur. Ces caractères sont justement révélés par la teneur de la tigelle de Pois en auxine, comme l'ont montré divers auteurs (³).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Composition chimique de l'essence de racines de Primula viscosa Vill.* Note de MM. ALBERT GORIS et HENRI CANAL, présentée par M. Maurice Javillier.

Primula viscosa Vill. est une espèce répandue dans la zone alpine du Jura, des Alpes et des Pyrénées. C'est une plante vivace, à tige souterraine, portant de nombreuses racines adventices, se multipliant par des bourgeons nés sur cette tige. Par écrasement, les parties souterraines dégagent une odeur salicylée assez désagréable, due à la formation d'une essence.

EXTRACTION ET COMPOSITION DE L'ESSENCE. — Le procédé d'extraction est identique à celui que nous avons utilisé dans nos recherches antérieures (¹). Les rhizomes

(³) VAN OVERBEEK, *Bot. Gaz.*, 100, 1938, pp. 133 et 19.

(¹) A. GORIS et H. CANAL, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 17, 1936, pp. 1404-1424.

et les radicelles, après lavage à l'eau, sont broyées et soumises à une macération de 12 heures. On procède ensuite à un entraînement par la vapeur d'eau. L'eau distillée obtenue est, après saturation par le chlorure de sodium, épuisée à l'éther. Après élimination du dissolvant, on obtient une essence de couleur brun rouge, qui se prend en masse par refroidissement.

a. Partie solide. — Par recristallisation de l'essence brute dans l'éther de pétrole léger, on sépare la majeure partie de l'essence (88 %), sous forme de cristaux blancs, odorants, fondant à $+50^{\circ}$. Ces cristaux présentent, en lumière de Wood, une fluorescence identique à celle du pæonol ou 2-hydroxy 4-méthoxy-acétophénone, que nous avons déjà retiré de l'essence de *Pr. Auricula* L. et dont la présence avait été signalée antérieurement dans les racines du *Pæonia Moutan* Sims.

Le corps ainsi obtenu est du pæonol; il donne une semicarbazone fondant à 250° et une oxime fondant à 131° . La déméthylation par l'acide iodhydrique ($d\ 1,7$), à la température du bain-marie, conduit à la 2.4-dihydroxyacétophénone ou résacétophénone F 147° ; par déméthylation brutale par l'acide iodhydrique bouillant il se transforme en résorcinol F 111° .

D'autre part, par mélange avec du pæonol provenant de *Pr. Auricula* L., le point de fusion ne subit aucun changement.

b. Partie liquide. — Des eaux mères de cristallisation du pæonol dans l'éther de pétrole on retire une essence liquide de couleur brun rouge, correspondant à 12 % de l'essence brute. Son odeur est identique à celle de l'ester méthylique de l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque, partie aglucone obtenue antérieurement par hydrolyse du primevéroside du *Pr. officinalis* L.⁽²⁾.

Les essais suivants permettent de démontrer l'identité de l'essence liquide et de cet ester.

Cette partie liquide de l'essence est saponifiée par chauffage avec de la potasse alcoolique à 5 %. Après acidification et épuisement par l'éther, on extrait un corps de nature acide, fondant, après recristallisation dans l'eau, à 158° ; donnant, avec le chlorure ferrique, une coloration rouge violet. Le mélange de ce corps avec l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque, préparé par saponification de l'essence obtenue par hydrolyse du primevéroside du *Pr. officinalis*, ne présente pas d'abaissement de point de fusion. Ce caractère, ainsi que le point de fusion et la coloration par le perchlorure de fer, nous ont paru suffisants pour démontrer l'identité de ce corps avec l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque.

Par analogie avec *Pr. officinalis*, on peut supposer que cet acide se trouve dans l'essence sous la forme d'ester méthylique provenant de l'hydrolyse du primevéroside existant dans la plante.

(2) A. GORIS, MASCRÉ et VISCHNIAC, *Bull. Sc. Pharm.*, 19, 1912, pp. 598 et 648-670.

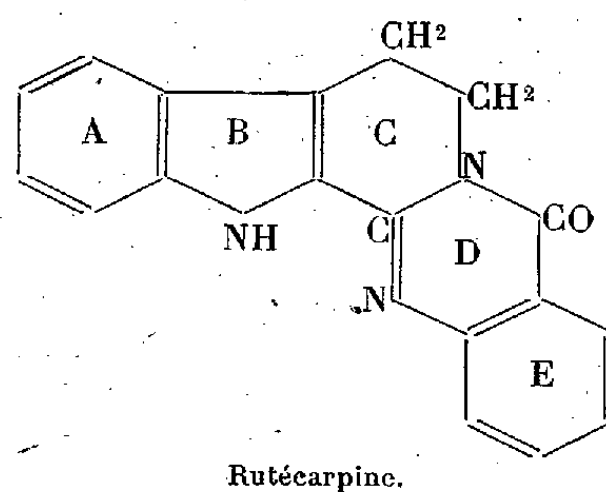
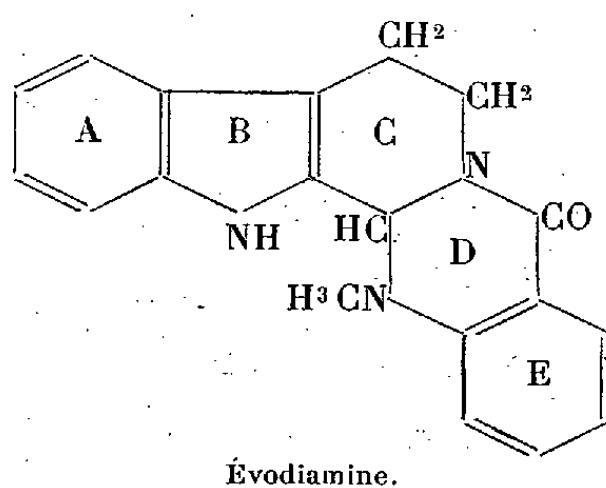
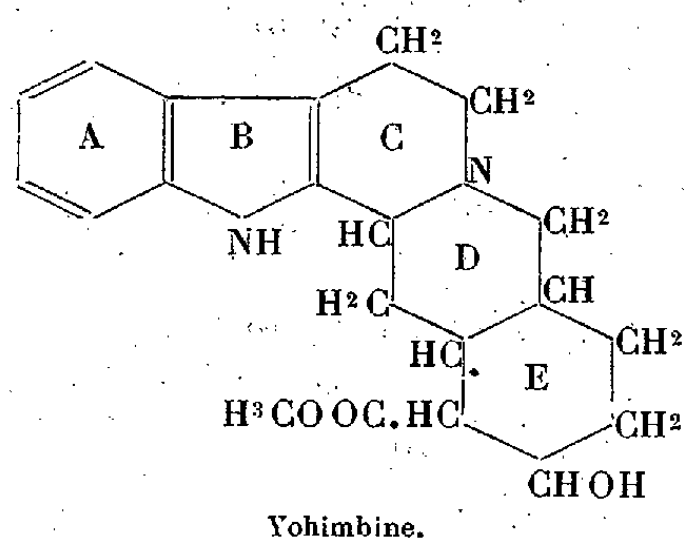
Il existe d'autre part dans les eaux mères de cristallisation de l'acide que nous venons de signaler, des traces d'un acide gras volatil. La quantité de cet acide malodorant contenu dans ces eaux est trop minime pour essayer de l'isoler, mais nous avons pu l'identifier en utilisant la technique de E. Duclaux. Les chiffres obtenus concordent avec ceux que cet auteur indique pour l'acide isocaproïque $C^6H^{12}O^2$. Nous n'avons pu déterminer sous quelle forme cet acide gras existe dans la plante.

En résumé, l'essence obtenue par entraînement à la vapeur d'eau des racines de *Pr. viscosa* Vill. est constituée par un mélange de 2-hydroxy 4-méthoxy-acétophénone et de l'ester méthylique de l'acide 2-hydroxy 4-méthoxybenzoïque.

On peut supposer que ces corps existent dans cette Primevère sous la forme d'hétérosides. Le premier correspond à l'hétéroside dont nous avons indiqué la présence dans *Pr. Auricula* Jacq. sans avoir réussi à l'isoler; le second est le primevéroside isolé de *Pr. officinalis* L. par Goris, Mascré et Vischniac.

PHARMACOLOGIE. — *Sur la rutécarpine*. Note de M. **RAYMOND-HAMET**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

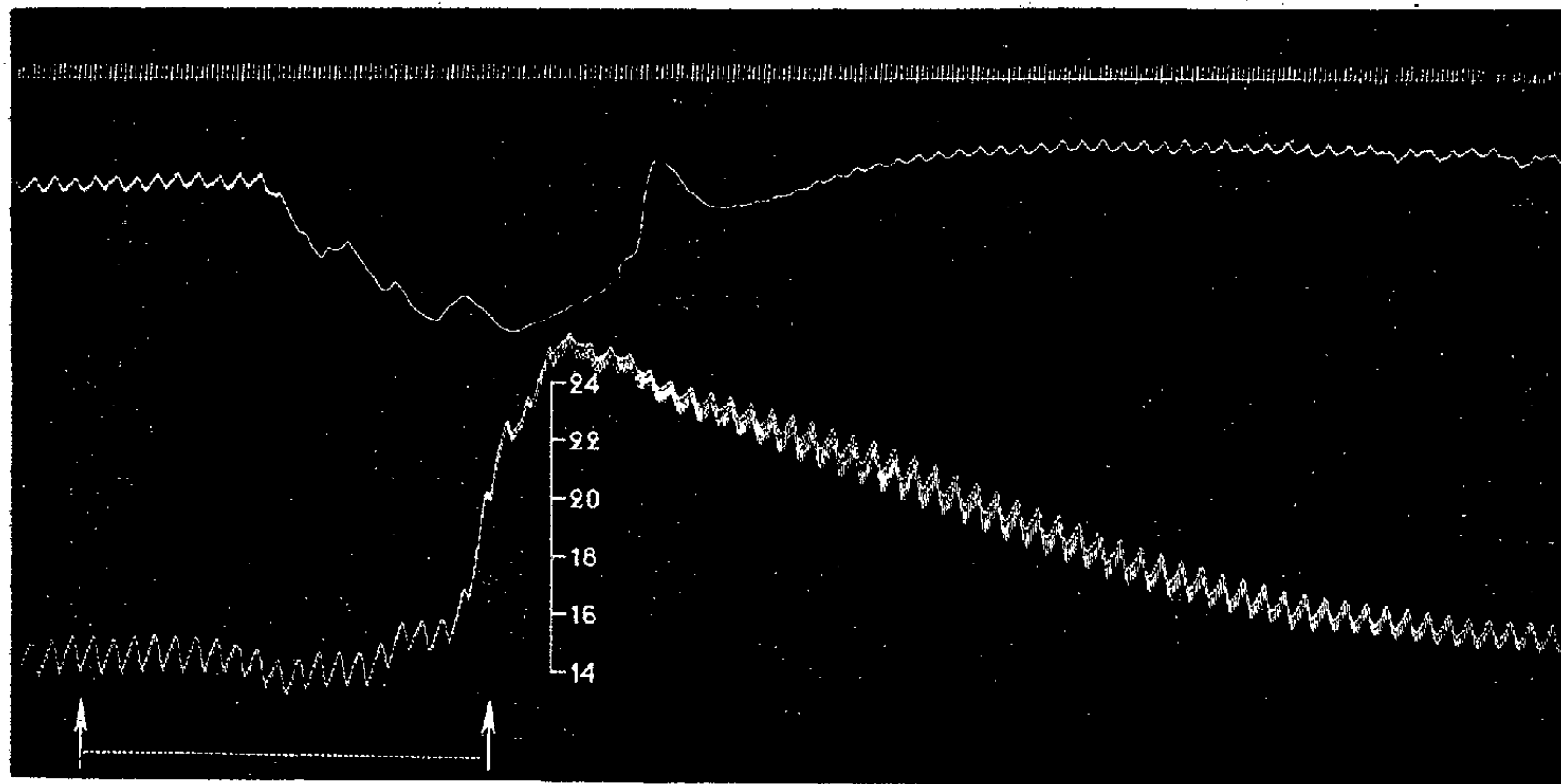
De tous les alcaloïdes dont la formule de constitution est aujourd'hui connue, l'évodyamine et la rutécarpine sont ceux que cette formule rapproche le plus de la yohimbine.



Cependant, en dépit de son grand intérêt pharmacodynamique, la comparaison des effets physiologiques de ces trois bases n'avait pu être réalisée, par suite de l'insolubilité presque totale de l'évodyamine et de la rutécarpine dans les acides dilués et dans les solvants qu'on injecte habituellement dans les veines des animaux. Mais, quand nous eûmes découvert que ces deux alcaloïdes sont solubles dans le diméthylacétonylcarbinol, nous pûmes montrer que l'évodyamine est dépourvue du pouvoir sympatholytique majeur de la yohimbine et que, contrairement à celle-ci, elle se montre fortement hypertensive. En est-il de même de la rutécarpine dont la formule, bien que très voisine de celle de l'évodyamine, en diffère cependant très nettement? A cette question nous

pouvons aujourd'hui répondre affirmativement, car nos expériences nous ont appris que la rutécarpine élève fortement la pression artérielle et ne peut être tenue, du moins aux doses où nous l'avons employée, pour un sympathicolytique majeur.

De ce pouvoir hypertenseur de la rutécarpine on trouve la preuve dans l'expérience qui a fourni le tracé ci-dessous, expérience où l'injection de 4^{ms} de



Expérience du 22 octobre 1943. — Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cs} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1° Temps en secondes. 2° Oncogramme. 3. Tension carotidienne obtenue par le manomètre à mercure. Entre les points marqués par les deux flèches on a injecté très lentement dans la saphène 40^{ms} de rutécarpine en solution dans 4^{cm}³ de diméthyl-acétonyl-carbinol. Tracé réduit de moitié.

rutécarpine par kilogramme a provoqué, en même temps qu'une vasoconstriction rénale puissante et prolongée, une élévation forte et durable de la pression carotidienne, qui a fait passer celle-ci de 151 à 258^{mm} de Hg, à son niveau maximal.

Ainsi donc, comme ceux de l'évodiamine auxquels ils ressemblent beaucoup, les effets physiologiques de la rutécarpine sont très différents de ceux de la yohimbine. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, car s'il est vrai que ces trois alcaloïdes possèdent un squelette nucléaire pentacyclique semblable, qui comporte pour chacun d'eux un groupement tétrahydrocarbolinique, les deux noyaux (D et E) qui se copulent avec ce groupement peuvent être considérés comme isoquinoléiques pour la yohimbine, comme quinazoliques et même cétoquinazoliques pour la rutécarpine et l'évodiamine. On a ainsi une preuve nouvelle de ce que, contrairement à celles qui sont effectuées sur le noyau E de sa molécule, les substitutions qui sont opérées sur le cycle D de celle-ci entraînent une modification profonde des propriétés physiologiques de la yohimbine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les lois de la croissance de l'Hémiptère Pyrrhocoris apterus L.* Note de MM. MARCEL ABELOOS et YANNICK CHANU, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement post-embryonnaire de *Pyrrhocoris apterus* comporte 5 mues, limitant 5 âges précédant l'âge adulte. Dans des élevages poursuivis à température constante, les durées de ces âges successifs sont sensiblement égales, sauf celle du premier âge, qui est environ trois fois plus courte que les autres, et celle du cinquième (âge nymphal) qui est légèrement plus longue. Nous avons étudié, soit sur des individus élevés au laboratoire, soit sur des exemplaires capturés dans une même station, la croissance pondérale et la croissance en longueur des divers articles des antennes, des pattes et du rostre.

Croissance pondérale. — Les moyennes des poids mesurés immédiatement après chaque mue croissent sensiblement suivant une progression géométrique (en milligrammes, 0,54; 1,44; 4,18; 11,1; 29) de raison 2,7. Le poids moyen à l'éclosion (0^{mg},35) se situe en dehors de cette série; mais, si l'on tient compte de la courte durée du premier âge, on constate que le taux de la croissance pondérale moyenne demeure, à température constante, remarquablement fixe durant tout le cours du développement.

Croissance linéaire. — Les longueurs des articles des appendices aux divers âges, mesurées sur les mues successives et sur les imagos, constituent également, en général, des progressions géométriques. Cependant les dimensions relatives à la première mue se placent souvent nettement en dehors de la série régulière et indiquent, pour le premier âge, un accroissement linéaire plus important qu'aux âges suivants, contrastant avec l'accroissement pondéral, qui est au contraire réduit pour le premier âge.

Le premier âge de la vie représente donc, du point de vue de la croissance linéaire, une *phase de croissance* particulière, caractérisée par le rapide allongement des appendices. On doit sans doute considérer cette phase comme une prolongation de la croissance embryonnaire. Il est à noter que la première mue peut se produire avant toute absorption de nourriture solide par le jeune. Quant aux âges suivants, leur ensemble paraît constituer une seule phase de croissance, comme la période larvaire des Insectes Holométaboles ⁽¹⁾, qui ne lui est cependant pas homologue.

Croissance relative des appendices et de leurs articles. — La raison de la progression géométrique, représentant la croissance durant les âges qui suivent le premier, peut servir à caractériser l'activité de la croissance

⁽¹⁾ Cf. M. ABELOOS, *Trav. St. Zool. Wimereux*, 13, 1938, pp. 1-16; G. BEAUMONT, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 331.

de chaque dimension linéaire. Pour la longueur totale des pattes, ce *taux de croissance relative* est plus élevé que celui de la racine cubique du poids, prise comme dimension linéaire moyenne du corps : la longueur relative des pattes s'accroît au cours du développement. Pour les antennes l'allongement est beaucoup moins net et pour le rostre, au contraire, la longueur relative diminue.

Les taux de croissance relative des divers articles d'un même appendice sont généralement différents. Dans les antennes le taux est maximum pour le second article et décroît, à partir de ce *centre de croissance*, en direction distale comme en direction proximale. Dans le rostre on observe un minimum très net dans le dernier (4^e) article. Dans les pattes le premier article des tarsi possède un taux de croissance beaucoup plus élevé que les autres articles de l'appendice. Les taux de croissance sont les mêmes pour les pattes antérieures, moyennes et postérieures. L'imago seul possède trois articles aux tarsi et les mensurations permettent d'affirmer que les deux derniers articles des tarsi imaginaires dérivent de la subdivision du dernier article des tarsi nymphaux.

Les proportions des divers articles d'une patte se modifient avec l'âge, par conséquent avec la longueur totale de l'appendice. Le rapport du premier article du tarse au fémur, par exemple, peut être pris comme indice de ces modifications. Pour chaque paire de pattes, la longueur du premier article du tarse (t) est liée à la longueur du fémur (f) par une relation d'allométrie majorante de la forme habituelle

$$t = K \cdot f^\alpha$$

Le coefficient $\alpha = 1,25$ pour les trois paires de pattes; mais le coefficient K n'est pas le même pour les pattes antérieures ($K = 0,08$), moyennes et postérieures ($K = 0,11$).

Si l'on compare entre eux les 18 types d'appendices que représentent les pattes antérieures, moyennes et postérieures des six âges que comporte le développement, on voit que les proportions des articles (rapport du premier tarse au fémur, en particulier) ne dépendent pas seulement de la longueur absolue de l'organe, mais aussi de sa position sur le thorax. Autrement dit, à un âge donné les pattes antérieure, moyenne et postérieure, qui diffèrent à la fois par leur longueur et les proportions des articles, ne peuvent cependant être assimilées à trois stades de développement d'un même organe. L'intervention du gradient antéro-postérieur fondamental de l'organisme dans la morphogenèse des appendices se traduit par une variation du coefficient K , tandis que le coefficient α apparaît, en raison de sa constance, comme lié au type structural de l'appendice thoracique envisagé comme *système morphogénétique* spécifique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le premier produit de transformation de l'adrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline.* Note de M. GEORGES-N. COHEN, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait, depuis les travaux de Green et Richter ⁽¹⁾ et de Richter et Blaschko ⁽²⁾, que l'adrénaline se transforme par oxydation chimique ou enzymatique en adrénochrome ou 5.6-quinone du N-méthyl-3 hydroxy-indole. Ce produit étant considéré par de nombreux auteurs à juste titre comme étant le précurseur des mélanines obtenues à partir de l'adrénaline, et d'autre part ne présentant aucune possibilité de condensation avec lui-même, j'ai essayé de voir quel était son sort au cours de l'oxydation chimique plus poussée. Dans le but de retarder l'évolution de l'adrénaline vers la mélanine, afin d'essayer d'isoler des stades intermédiaires de la réaction, j'ai employé la méthode suivante : j'ai dissous l'adrénaline dans beaucoup plus d'acide acétique qu'il n'était nécessaire pour la dissolution, de manière à ce que la solution obtenue fût très acide et j'ai oxydé par addition de persulfate de potassium solide. Dans ces conditions l'adrénochrome apparaît très vite et la solution devient rouge foncé avec le temps. Alors qu'une solution à pH voisin de 8 est totalement mélanisée au bout de 40 heures, une solution préparée selon cette technique ne contient que peu de mélanines après le même temps.

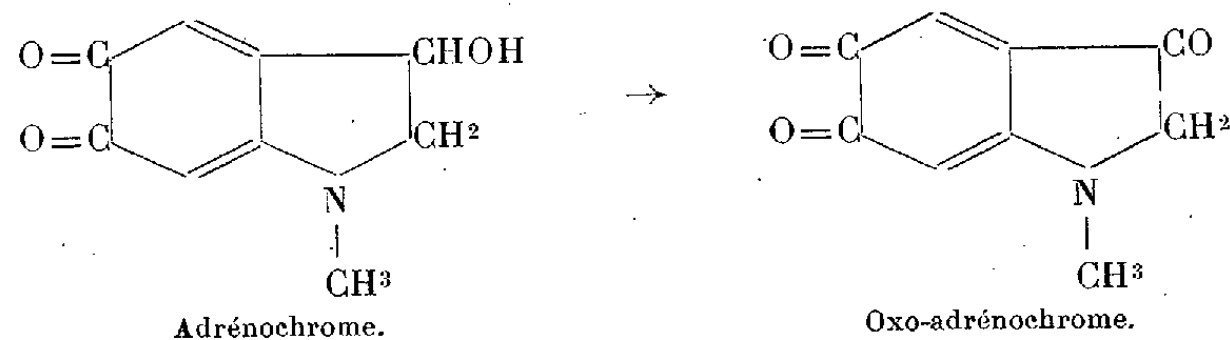
Green et Richter avaient montré que l'hydrosulfite réduisait l'adrénochrome à l'état de diphénol correspondant incolore. J'ai vu que, sur une solution d'adrénochrome vieillie comme je l'ai indiqué, la réduction par l'hydrosulfite ne donnait plus naissance à un dérivé incolore, mais à un dérivé coloré en jaune. Une telle solution, réduite par une solution d'hydrosulfite, préparée extemporanément et en quantité juste suffisante pour la décoloration, additionnée d'une solution de molybdate d'ammonium, donne encore la coloration rouge orangé caractéristique des orthodiphénols pendant un certain temps, alors que les mélanines réduites ne la donnent pas. Le premier produit d'oxydation de l'adrénochrome est donc encore une orthoquinone. Si l'on examine sur quelle partie de la molécule a pu porter l'oxydation ultérieure de l'adrénochrome, la seule hypothèse qui semble plausible est la transformation de la fonction alcool secondaire en fonction cétone. Pour vérifier mon hypothèse, j'ai réduit mes solutions d'adrénochrome par l'acide thioglycolique, afin d'éviter toute action perturbatrice des groupes quinoniques, et j'ai essayé de mettre en évidence la formation de dérivés bromonitrosés des cétones, réaction étudiée par

⁽¹⁾ *The Biochem. J.*, 31, 1937, pp. 596-616.

⁽²⁾ *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 601.

Stock ⁽³⁾, Blumenthal et Neuberg (*Deuts. med. Woch.*, 1901, n° 1), Piloty ⁽⁴⁾. J'ai obtenu, avec des solutions vieilles et réduites d'adrénochrome (préparées comme indiqué ci-dessus), une réaction positive alors que des solutions fraîches réduites ne donnaient aucune réaction. Je me suis adressé ensuite à une seconde réaction étudiée par Bitto ⁽⁵⁾ et Denigès ⁽⁶⁾, modifiée par Neuberg et Kerb ⁽⁷⁾, qui utilise comme réactif des cétones le nitroferrocyanure de sodium et la diéthylamine. Cette réaction, effectuée sur des solutions réduites par l'hydrosulfite de sodium (l'acide thioglycolique donnant une réaction propre avec le réactif) s'est montrée positive avec les solutions vieilles, et négative avec les solutions fraîches. Cette réaction m'a permis en outre de voir qu'il y avait accumulation de fonctions cétoniques au cours de la mélanisation.

Le premier stade de l'évolution de l'adrénochrome est donc le suivant :



Le corps formé est la 5.6-quinone du N-méthyl-indoxyle, que j'appellerai pour plus de simplicité *oxo-adrénochrome*. Ce corps donne encore, une fois réduit, comme l'adrénochrome (le fait n'a jamais été relevé à propos de ce dernier) une réaction d'Ehrlich positive avec le *p*-diméthylamino-benzaldéhyde, alors que les mélanines réduites ne la donnent plus.

BACTÉRIOLOGIE. — *Mesure de la thermogénèse des Bactéries*. Note de MM. ÉDOUARD CALVET, JEAN FRICKER et HENRI PRAT, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous avons exposé précédemment les observations effectuées par deux d'entre nous ⁽¹⁾ sur la thermogénèse des germinations. Les bons résultats que nous en avons obtenus nous ont incités à étendre nos recherches et à appliquer la même méthode microcalorimétrique à l'étude des cultures bactériennes, ce qui n'avait pas été fait jusqu'à présent.

⁽³⁾ *Thèse*, Berlin, 1889.

⁽⁴⁾ *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3099.

⁽⁵⁾ *Liebig's Ann.*, 267, 1892, p. 372; 269, 1892, p. 377.

⁽⁶⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1896, p. 1058; 17, 1897, p. 381.

⁽⁷⁾ *Bioch. Zeitschr.*, 47, 1912, pp. 409, 415, 420.

⁽¹⁾ H. PRAT et E. CALVET, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 944.

Dans nos expériences, nous avons opéré sur 8^{cm³} de bouillon de viande peptoné, de composition toujours identique, puisque conservé en tubes scellés au chalumeau, et ensemencé avec 0^{cm³},1 d'une émulsion de *Proteus vulgaris* en sérum physiologique, titrant 6 milliards de germes par centimètre cube. L'expérience étant faite à 17°, on observe au bout de quelques heures une thermogénèse d'abord très lentement croissante et qui arrive à son maximum environ 24 heures après l'ensemencement. A ce moment le débit calorifique atteint 0,16 cal/heure pour la masse indiquée. Puis la thermogénèse décroît rapidement et s'annule en 4 heures environ.

Lorsqu'on opère dans les mêmes conditions, mais en concentrant le bouillon par évaporation, on observe que le maximum de la thermogénèse est réalisé plus tard et qu'il est plus élevé. Par exemple, en concentrant de moitié, le maximum est atteint au bout de 42 heures et présente une valeur de 0,3 cal/h.

Il semble donc que cette thermogénèse dépende des éléments nutritifs présents dans le milieu. Quand on fournit aux Bactéries une plus grande quantité d'aliments, leur thermogénèse est plus prolongée et plus forte. La marche de la thermogénèse dépend des conditions de l'ensemencement. Si l'on ensemence avec une émulsion plus diluée, titrant par exemple 10 millions de germes au centimètre cube, soit 600 fois moins que précédemment, le maximum de thermogénèse n'est atteint qu'au bout de 52 heures en bouillon ordinaire non concentré, mais on peut noter que ce maximum est le même, soit 0,16 cal/h que précédemment. Le résultat final n'est donc pas modifié et la quantité de chaleur dégagée est la même, car elle dépend seulement du matériel nutritif disponible. La thermogénèse est seulement plus tardive par suite du nombre plus réduit de germes servant de point de départ à la culture.

On voit donc que la microcalorimétrie microbienne permet d'étudier les variations de l'activité d'un germe donné en fonction des conditions de milieu et d'ensemencement. Elle paraît donc susceptible de rendre d'appréciables services dans les recherches bactériologiques.

MICROBIOLOGIE. — *L'influence du milieu sur l'intensité du métabolisme respiratoire des polynucléaires.* Note de M^{lle} JACQUELINE PAGES et M. ALBERT DELAUNAY, présentée par M. Gaston Ramon.

Le métabolisme respiratoire des polynucléaires, examiné au moyen de l'appareil de Warburg, varie avec la composition du milieu dans lequel sont placées les cellules. Le tableau suivant indique son intensité en fonction des liquides de suspension que nous avons utilisés. Les chiffres donnés correspondent à la quantité d'O² (exprimée en millimètres cubes) consommée par

heure et par million de cellules ⁽¹⁾. Les leucocytes provenaient d'exsudats péritonéaux provoqués chez le Cobaye par injection de bouillon stérile. Ils étaient lavés, à deux reprises, avant examen, avec la solution de Ringer.

Liquides de suspension utilisés.	Intensité du métabolisme respiratoire.	
	Moyenne de nos résultats.	Chiffres extrêmes obtenus.
Ringer tamponné (par adjonction de bicarbonate).....	0,28	0,24-0,30
Sérums frais de Cobaye	0,56	0,31-0,77
Sérums frais de Cobaye dilués au 1/10 en Ringer	0,37	0,17-0,64
Sérums frais de Cobaye chauffés 1 heure à 56°	0,35	0,25-0,52
Sérums frais de Cobaye chauffés 1 heure à 56° puis dilués au 1/10 en Ringer	0,19	0,11-0,23
Vieux sérums de Cobaye (1 mois) dilués au 1/10 en Ringer..	0,22	0,20-0,25

En nous basant sur les observations que nous avons pu faire au cours de nos recherches, nous accompagnerons ce tableau des commentaires suivants.

a. Nous avons vu tout d'abord qu'en Ringer tamponné, les leucocytes respirent de façon plus régulière qu'en Ringer non tamponné; sans doute parce que, dans ce cas, le pH de la solution (7,5) varie peu pendant toute la durée de l'expérience (1 heure). Au contraire le pH de la solution de Ringer non tamponné baisse régulièrement (7,5 \rightarrow 5) pendant la même période. Cette acidification paraît due à l'apparition d'acide lactique dans le milieu, acide résultant lui-même de la transformation du glycogène normalement présent dans les leucocytes d'exsudat. Les polynucléaires s'altèrent rapidement dans des solutions dont le pH est inférieur à 7.

b. Les leucocytes respirent plus intensément lorsqu'ils sont maintenus dans du sérum de Cobaye pur ou dilué au 1/10 que lorsqu'ils sont placés dans du Ringer même tamponné. Ce fait ne saurait surprendre, car, de toute évidence, le milieu sérique est beaucoup plus physiologique que la solution de Ringer. Il a d'ailleurs été mentionné déjà dans un travail récent de Macleod et Rhoads ⁽²⁾.

c. Mais, fait absolument nouveau à notre connaissance, nous avons constaté en outre que des sérums gardés à la glacière depuis quelques semaines ou des sérums frais chauffés une heure à 56° perdent une partie de leur action favorisante sur le métabolisme respiratoire des polynucléaires (voir le tableau). Selon nous, il faut expliquer l'amoindrissement du pouvoir leuco-activant de ces sérums par la perte du complément. Différentes recherches en effet nous ont déjà montré que le complément joue un rôle important dans la physiologie des leucocytes : par exemple, en son absence, il ne peut y avoir de tactisme leuco-

⁽¹⁾ Cette méthode de mesure a déjà été utilisée par Ponder et Macleod (*Am. J. Physiology*, 128, 1938, p. 420).

⁽²⁾ *Proceed. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 41, 1939, p. 268.

cytaire *in vitro*, et, lors de la phagocytose, nous avons pu voir que le complément se montre capable de stimuler directement les phagocytes. Les résultats contenus dans cette Note laissent penser que le même complexe peut renforcer également les oxydations respiratoires de ces cellules.

Nous étudions actuellement l'intensité comparée de la fermentation lactique (glycolyse aérobie et glycolyse anaérobie) des leucocytes en l'absence ou en présence de sérum avec ou sans complément. D'autre part nous recherchons si le complément se comporte, aussi, comme un excitant pour les autres cellules de l'organisme.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. J.-L. Faure :

<i>En première ligne</i>	M. RENÉ LERICHE.
<i>En seconde ligne, ex æquo par</i>	{ MM. LOUIS BAZY. MAURICE CHEVASSU. HENRI MONDOR. CLOVIS VINCENT.
<i>ordre alphabétique</i>	

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h 15^m.

L. B.

ERRATA.

(Séance du 6 mars 1944.)

Note de M. D. Genkin, Sur la théorie de la machine à souder par points au moyen de la décharge d'un condensateur :

Page 394, ligne 7, *au lieu de* en définitif, *lire* en définitive;
 ligne 7 en remontant, au dénominateur de la première formule, *au lieu de* L_4^2 ,
lire L_2^4 ;
 ligne 3, en remontant, au numérateur, *au lieu de* R^2 , *lire* R_2 .

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUIN 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LOUIS DE BROGLIE fait hommage à l'Académie du tome II de son Ouvrage *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau*.

OPTIQUE. — *Sur quelques liquides à forte dispersion.*

Note de M. P.-JACQUES DUCLAUX et M^{lle} ANNE-MARIE BIGET.

Depuis que l'emploi des réseaux de Rowland est devenu courant, les physiciens ont généralement renoncé à obtenir de fortes dispersions par l'emploi des trains de prismes tels que ceux qu'avait établis Thollon. Ces trains faisaient perdre beaucoup de lumière, et l'accumulation des défauts d'homogénéité et de taille empêchait d'augmenter indéfiniment le nombre des prismes.

Dans des travaux antérieurs l'un de nous a montré, avec P. Jeantet ⁽¹⁾ et G. Ahier ⁽²⁾, l'avantage des prismes mixtes verre-liquide, le liquide ayant le même indice de réfraction que le verre pour les radiations étudiées et une dispersion beaucoup plus forte. Un prisme, ainsi construit avec un crown au baryum et une solution de bromomercurate, disperse autant que 6 prismes en flint lourd, perd beaucoup moins de lumière et se contente d'une taille moins exacte. Pensant que de nouveaux progrès étaient possibles et que les prismes devaient finalement se montrer supérieurs aux réseaux, nous avons poursuivi la recherche des liquides à forte dispersion, en nous bornant aux solutions de sels minéraux pour les raisons antérieurement données ⁽¹⁾.

Nous donnons pour ces solutions l'indice pour la raie D, la dispersion (F — C), la valeur du rapport γ [soit $(n_D - 1)/(n_F - n_C)$] la densité D et la couleur. Les solutions étaient à peu près saturées à la température ordinaire.

⁽¹⁾ *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 345.

⁽²⁾ *Ibid.*, 17, 1938, p. 417.

	n_D	$n_F - n_C$	γ	D.	
Bromomercurate de baryum	1,634	0,0300	21,1	3,18	Incolore
Mercurithiocyanate de Mg	1,604	0,0302	20,0	—	»
Chlorothallate de Mg	1,569	0,0260	21,9	2,56	»
Bromothallate de Mg	1,606	0,0380	16,0	2,73	Jaune pâle
Chlorobismuthate de Mg	1,626	0,0330	19,0	2,35	Incolore
Bromobismuthate de Mg	1,686	0,0590	11,6	2,62	Jaune

Quelques essais faits pour substituer d'autres métaux au baryum et au magnésium n'ont pas donné de résultats notablement différents : en particulier, pour les bromomercurates de Mg, Ba, Sr, K, la dispersion varie parallèlement à l'indice et le rapport γ , qui est l'élément essentiel, reste à peu près le même. Le manque de matières premières nous a empêchés de faire le même travail sur les bismuthates. Pour la même raison les solutions n'ont pu être complètement étudiées : les chiffres donnés sont des minima qui pourront être dépassés.

Le bromobismuthate de Mg a déjà une dispersion double de celle du cinnamate d'éthyle (0,0285). Associé à un crown au baryum il doit donner une combinaison équivalente à 14 prismes de flint lourd. La solution a en plus l'avantage d'un coefficient de dilatation très faible : à la température ordinaire, 0,00041, soit la moitié de celle du cinnamate. La valeur très faible du rapport γ (11,6) est remarquable; le cinnamate donne 19,6 et le flint le plus lourd 26. Ces chiffres confirment le résultat antérieurement annoncé d'après lequel on peut obtenir des solutions aussi dispersives que les verres avec un indice moyen bien plus faible.

Nous avons essayé aussi quelques composés iodés. Ils sont très dispersifs; l'iodobismuthate de Mg a été déjà signalé par G. Ahier ⁽³⁾. Mais aucun n'a été trouvé stable; ou bien ils sont rouges (iodobismuthate) ou bien ils rougissent à l'air (iodoplombates, iodomercurates). Ils ne peuvent donc servir que pour l'extrémité rouge du spectre, tandis que les composés bromés sont transparents jusqu'à 4000-4500 Å et les composés chlorés jusque vers 4000 Å au moins.

MICROBIOLOGIE. — *Les filtrats de culture du B. subtilis ou de germes analogues et leurs propriétés altérantes et destructives à l'égard des toxines bactériennes.*

Note de MM. GASTON RAMON et RÉMY RICHOU.

Nous avons fait connaître précédemment ⁽¹⁾ les résultats de nos recherches concernant les propriétés antagonistes que manifestent les filtrats de culture

⁽³⁾ *Thèse de Doctorat*, Paris, 1940.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 543. On trouvera dans cette Note, ainsi que dans une Communication à l'Académie de Médecine, en date du 8 mai 1945, des renseignements bibliographiques sur ces questions.

du *B. subtilis* ou de germes analogues à l'égard de diverses bactéries pathogènes. Nous avons montré, en particulier, que ces filtrats possèdent en dehors de leur activité diastasique : gélatinolytique, amylolytique etc., des propriétés bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques vis-à-vis du bacille diphtérique, du bacille de Preisz-Nocard, de la bactérie charbonneuse, du cocco-bacille de la pseudotuberculose etc.

Dans de nouvelles recherches, nous avons étudié l'influence de ces mêmes filtrats, non plus sur les bactéries, mais sur les poisons que certaines d'entre elles sont capables d'élaborer, et spécialement sur la toxine diphtérique, sur la toxine tétanique, sur la toxine staphylococcique etc.

Rappelons que les filtrats dont nous nous servons présentement sont issus de cultures de souches sélectionnées de *B. subtilis* en milieu liquide à base de son ⁽²⁾. A titre de renseignements préliminaires, nous effectuons, à l'aide de la technique que nous avons établie antérieurement le dosage du pouvoir gélatinolytique des liquides obtenus par filtration des cultures à travers des bougies de porcelaine.

La toxine diphtérique que nous avons utilisée dans nos essais tuait le cobaye à la dose de 1/2000 de centimètre cube immédiatement après sa préparation; elle titrait 45 unités antigènes de floculation. En mélangeant volume égal de cette toxine et d'un filtrat de *B. subtilis*, d'une activité gélatinolytique relativement élevée, renfermant par exemple 3000 unités gélatinolytiques par centimètre cube, on constate qu'après 48 heures d'exposition à la température de 36-37°, ce mélange, injecté au cobaye à la dose de 1^{cm³}, ne le tue pas; 1^{cm³} de filtrat a donc détruit 1^{cm³} de toxine, soit 2000 doses mortelles. La toxine seule, non additionnée de filtrat et abandonnée durant le même temps et dans les mêmes conditions à l'étuve, ne perd qu'une portion inappréciable de son pouvoir toxique. Lorsque l'on mélange 1^{cm³} de la même toxine à 9^{cm³} de filtrat, 1^{cm³} du mélange, qui à l'origine renfermait 200 doses mortelles, ne contient plus, après 24 heures d'étuvage, aucune trace de poison diphtérique, comme l'épreuve chez le cobaye permet de s'en rendre compte.

On obtient des résultats de même ordre mais plus rapides encore, en faisant agir le filtrat de *B. subtilis* sur la toxine staphylococcique. Ainsi le pouvoir hémolytique d'un échantillon de cette toxine, correspondant à 800 doses hémolytiques par centimètre cube, disparaît entièrement après 36 heures de séjour à l'étuve (36-37°) du mélange formé de parties égales de toxine et de filtrat; aucune propriété hémolytique ne peut être décelée dans le mélange ainsi composé et traité, qui, par ailleurs, ne provoque pas de lésions nécrotiques lorsqu'il est injecté dans la peau du lapin. D'autre part 1^{cm³} du mélange comprenant 1 partie de toxine et 9 parties de

(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 341.

filtrat ne détermine plus l'hémolyse après 24 heures à peine de présence dans l'étuve.

Soit dit en passant, l'absence de tout pouvoir léthal, nécrotique, chez l'animal d'expériences, des mélanges, préparés dans les conditions indiquées, de toxine diphtérique ou staphylococcique et de filtrat de *B. subtilis*, démontre l'inocuité propre à ce dernier.

La *toxine tétanique* que nous avons employée offrait un pouvoir toxique élevé, puisqu'elle tuait le cobaye, en 4 jours, à la dose de 1/100 000 de centimètre cube. C'est probablement pour cette raison et aussi à cause de sa nature spéciale que son altération par le filtrat du *B. subtilis* a été moins prompte que celle des toxines diphtérique et staphylococcique. En effet le mélange d'une égale quantité de cette toxine et du filtrat n'est devenu complètement atoxique qu'après avoir été abandonné 8 jours à la température de 36-37°. Cependant un mélange de 1^{cm³} de toxine, soit 100 000 doses mortelles (pour le cobaye), et de 9^{cm³} de filtrat, laissé à l'étuve 24 heures, n'entraîne pas, même à la dose de 1^{cm³}, de symptômes d'intoxication tétanique chez l'animal d'épreuve.

Signalons ici que dans nos expériences la destruction totale, sous l'effet du filtrat, du pouvoir toxique, est accompagnée de la disparition de la propriété flocculante spécifique indicatrice de la valeur antigène des toxines (3).

Des essais en cours nous montrent que les toxines des germes de la gangrène gazeuse, telles que la *toxine du B. perfringens*, sont elles aussi, sensibles à l'influence des filtrats du *B. subtilis*.

Ainsi il ressort de l'ensemble des résultats expérimentaux acquis à ce jour que les filtrats de culture du *B. subtilis* ou de germes analogues sont capables, grâce sans doute à des actions de caractère diastasique, d'altérer profondément et même de détruire entièrement la toxicité que possèdent, *in vitro* (pouvoir hémolytique) comme *in vivo* (pouvoir léthal, pouvoir nécrotique), des toxines bactériennes telles que la toxine diphtérique, la toxine staphylococcique, la toxine tétanique etc. La vitesse et l'intensité de l'altération sont en relation plus ou moins étroite d'une part avec le pouvoir gélatinolytique du filtrat utilisé, d'autre part avec les proportions respectives de ce filtrat et de la toxine, ainsi qu'avec la nature de celle-ci.

C'est un fait particulièrement digne d'attention qu'une action destructive, qui se révèle aussi énergique que celle d'antiseptiques puissants, comme le formol, l'iode par exemple, puisse être exercée sur les poisons bactériens

(3) Il est possible que l'action plus graduée, moins brutale du filtrat permette, tout en altérant la toxicité, de conserver en partie, sinon en totalité, le pouvoir antigène et immunisant des toxines. De nouvelles expériences nous fixeront sur ce point.

les plus violents, par un simple filtrat de microbes saprophytes, qui se montre d'ailleurs inoffensif même à fortes doses pour l'animal d'expériences.

Cette action destructive pourra être accrue encore, et dans une grande mesure, par la sélection des souches de *B. subtilis* ou autres germes du même genre, par le perfectionnement des milieux de culture et surtout par l'extraction, sous une forme concentrée et purifiée, du principe actif de nos filtrats auquel nous avons donné le nom de *subtiline* (*).

La coexistence dans la subtiline de propriétés pouvant se faire sentir à la fois contre certaines bactéries et contre leurs toxines, offre, du point de vue théorique comme du point de vue pratique, un intérêt certain.

CHIMIE BIOLOGIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le mécanisme de la fabrication du papier de paille par macération*. Note de MM. GABRIEL BERTRAND et JEAN DELGA.

Il existe depuis longtemps en France une industrie qui a pour but la fabrication de certains papiers (1) à partir de la paille des céréales. Les opérations effectuées sont en général les suivantes :

La paille, dépoussiérée, égrainée, divisée en morceaux de 5 à 8^{cm} de long, est, après élimination de la majeure partie des nœuds, introduite dans de vastes cuves en maçonnerie de 60^m environ. Elle est ensuite arrosée avec un lait de chaud tiède, très dilué, et abandonnée à elle-même pendant un temps qui varie de 4 à 8 jours. Le liquide est alors soutiré et la paille, après un lavage sommaire à l'eau, est transportée à la partie supérieure d'une autre cuve, contenant une macération de paille fraîchement préparée qu'elle recouvre et comprime. C'est la *mise en chapeau*. Cette nouvelle macération dure 4 à 8 jours. La couche supérieure de paille, le chapeau, est alors enlevée et broyée dans un grand meuleton. Elle donne ainsi une pâte susceptible d'être transformée en papier par les procédés mécaniques habituels. La couche inférieure sert à son tour pour la mise en chapeau d'une nouvelle cuve, et ainsi de suite.

Au cours de la macération dans la cuve, la masse s'échauffe et la température peut atteindre jusqu'à 70°. Il se dégage une odeur à la fois butyrique et putride et la paille, de dure et cassante qu'elle était, devient souple, molle et grasse au toucher. Les industriels admettent généralement que l'action de la chaux a pour effet de faciliter l'attaque de la paille par des microorganismes producteurs de fermentations qui seraient cause des transformations de la paille et que met en évidence l'élévation concomitante de température.

Ce procédé de fabrication, tout à fait empirique, présente de gros avantages : non seulement il n'utilise que des matières premières abondantes et bon marché, paille, craie, qu'il met en valeur, mais, ce qui est à l'époque actuelle particulièrement précieux, il ne consomme qu'une proportion réduite de combustible, à l'opposé des autres procédés de fabrication des

(*) Le principe actif peut être également extrait des cultures elles-mêmes effectuées dans certaines conditions.

(1) Principalement celui qui sert dans la boucherie à envelopper la viande et celui que l'on emploie pour confectionner des boîtes et des caisses d'emballage.

pâtes à papier. Par contre il a le gros inconvénient d'aboutir parfois à des échecs, la paille en macération étant atteinte de pourriture et ne fournissant qu'une masse inutilisable.

C'est pour éviter ces échecs et les pertes importantes qui en sont la conséquence que nous avons entrepris d'étudier le mécanisme des réactions qui se produisent au cours de la macération. Nos analyses nous ont d'abord montré qu'il n'y a presque pas de différence entre la composition immédiate de la paille brute et celle de la paille macérée : les teneurs en cendres et en eau mises à part, les extraits aqueux, alcooliques, étherés, les teneurs en glucides facilement hydrolysables, en pentosanes, en substances insolubles dans la lessive de soude à 2 %, en cellulose et en lignine sulfurique sont à peu près les mêmes dans les deux cas. Par contre nous avons constaté que l'acide acétique, qui vraisemblablement se trouve dans les tissus lignifiés à l'état d'esters de polyholosides, est à peu près entièrement libéré. Des expériences nous ont alors permis de constater que cette hydrolyse est possible sous l'action de la chaux et en l'absence de toute intervention microbienne.

Un tel résultat nous a suggéré l'hypothèse que la désacétylation de la paille suffisait peut-être, à elle seule, à entraîner la possibilité d'obtention d'une pâte utilisable en papeterie, les fermentations n'intervenant que pour élever la température et augmenter, par suite, la vitesse de saponification des esters acétiques.

Des expériences nouvelles ont justifié notre hypothèse. Des macérations de paille dans l'eau saturée de chaux, maintenue à la température de 46° et en quantité suffisante pour que le liquide ait constamment un pH supérieur à 11, nous ont toujours donné, après 4 jours au plus, un produit susceptible d'être aisément transformé en papier par les moyens habituels. Par simple broyage au meuleton et tirage des feuilles à la formette, nous avons obtenu des éprouvettes dont les caractères physiques étaient, par exemple, les suivants :

Force (poids en grammes au mètre carré).....	59
Longueur de rupture (mètres).....	4970
Indice d'éclatement	29
Pliage	160

Le rendement $\frac{\text{poids de pâte obtenue à l'état sec}}{\text{poids de paille sèche mise en œuvre}}$ est alors voisin de 90 %, chiffre de beaucoup supérieur à celui atteint dans le procédé de macération actuellement en usage, procédé où l'élévation de température n'est obtenue qu'au prix de la destruction fermentative d'une partie de la matière mise en œuvre.

Nous avons trouvé, en outre, que le liquide de macération contient,

sous forme d'acétate de calcium, une proportion d'acide acétique assez élevée pour qu'il y ait lieu d'envisager sa récupération industrielle.

L'étude de différents facteurs a été poursuivie. Nous avons pu constater ainsi, qu'à la condition d'employer un temps plus long, il est parfaitement possible d'effectuer de bonnes macérations de paille dans l'eau de chaux à la température ordinaire (10 à 15°). L'emploi d'une solution saturée de chaux est préférable à celui d'un lait de chaux. Par contre une eau de chaux ayant déjà servi peut être utilisée, après nouvelle saturation par la chaux, pour une autre macération et, dans ce cas, la teneur en acide acétique du liquide est accrue d'autant, ce qui rend plus aisée et plus économique la récupération de ce sous-produit.

En résumé, nous avons reconnu que, dans l'industrie décrite plus haut, les actions chimiques utiles se réduisent presque entièrement, sinon totalement, à une libération, sous l'influence de la chaux, de l'acide acétique combiné aux polyholosides de la paille; les actions microbiennes n'ont qu'un effet secondaire, elles interviennent comme un moyen, d'ailleurs très original, de chauffage de la masse en réaction; elles deviennent nuisibles lorsqu'elles entraînent une décomposition plus avancée.

Partant de ces données nous avons mis au point un procédé de fabrication qui permet d'obtenir, de façon régulière, un papier possédant des qualités parfaitement acceptables pour les usages auxquels il est habituellement destiné.

De plus nous avons montré la possibilité de récupérer dans cette industrie un sous-produit intéressant, l'acide acétique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. J.-L. Faure, décédé

Le nombre des votants étant 48,

M. René Leriche	obtient.....	30 suffrages
M. Maurice Chevassu	»	16 »
M. Clovis Vincent	»	2 »

M. **RENÉ LERICHE**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. GASTON SEURAT adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942.

GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — *Deux effets de la rationalité de l'intersection de p hyperquadriques d'un espace E_n à n dimensions.* Note de M. LÉONCE LESIEUR, présentée par M. Élie Cartan.

Il résulte d'une Note de M. Luc Gauthier, parue dans le *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique* en 1943, que l'intersection de p hyperquadriques d'un espace E_n est *rationnelle* pour n suffisamment grand $\{n \geq [p(p+3)/2] - 1\}$. Il suffit, par exemple, que l'on ait $n \geq 4$ pour assurer la rationalité de l'intersection de 2 hyperquadriques, et $n \geq 8$ pour la rationalité de la variété V^8 commune à 3 hyperquadriques. Ce travail a pour but d'en signaler deux conséquences, exposées dans le cas $p=3$, la méthode restant bien entendu valable pour p quelconque.

I. *Les transformations birationnelles t_3 .* — 1^{re} Deux représentations rationnelles connues d'une même variété sur un E_n définissent une transformation birationnelle dans E_n .

Cette idée, appliquée au cas de la V^8 commune à 3 hyperquadriques de E_{n+3} , conduit à préciser d'abord sa représentation rationnelle dans E_n , qui s'obtient, comme on sait, à partir d'un E_2 situé sur la V^8 ; un point M variable sur celle-ci est en correspondance birationnelle avec la trace N dans E_n de l' E_3 défini par E_2 et M .

La méthode analytique utilisée pour le cas de 2 hyperquadriques [Lesieur, *Bulletin de la Soc. Math. de France*, 1945 (à paraître)] donne ici :

THÉORÈME 1. — *Les images des sections hyperplanes de la V^8 forment dans E_n un système linéaire complet de variétés V_{n-1}^4 du 4^e ordre, qui ont en commun une V_{n-2}^3 intersection résiduelle de l'une d'elles et d'une variété V_{n-1}^3 du 3^e ordre, en dehors d'une variété cubique V_{n-2}^3 déjà commune.*

Les 3 quadriques de E_{n+3} étant définies par

$$(1) \quad a_i^1 x_1 + a_i^2 x_2 + a_i^3 x_3 + b_i = 0 \quad (i=1, 2, 3),$$

où les a_i sont des formes linéaires des coordonnées u_1, u_2, \dots, u_{n+1} de N et les b_i des formes quadratiques des mêmes variables, les équations sont

$$(2) \text{ pour la } V_{n-1}^2 \quad \| a_i^1 \quad a_i^2 \quad a_i^3 \| = 0,$$

$$(3) \text{ pour la } V_{n-1}^4 \quad \| a_i^1 \quad a_i^2 \quad b_i \| = 0$$

et la V_{n-2}^3 , déjà commune, $a_1^1/a_1^2 = a_2^1/a_2^2 = a_3^1/a_3^2$.

CONSÉQUENCE. — *Toute V_{n-1}^4 d'équation (3), dans E_n , est rationnelle pour $n \geq 6$. Car elle se trouve en correspondance birationnelle avec une section hyperplane*

de la V^8 intersection de 3 hyperquadriques de E_{n+3} , c'est-à-dire avec une V^8 de E_{n+3} , rationnelle puisque $n+2 \geq 0$.

2° Deux plans E_2 , P et Q , pris dans E_{n+3} sur une V^8 , entraînent 2 représentations rationnelles de cette variété, et par suite une transformation birationnelle dans E_n . Le point m a pour homologue le point m' obtenu en projetant de Q le point M de V^8 situé dans l' E_3 défini par P et m . On en déduit :

THÉOREME 2. — *Dans E_n , les variétés du 4° ordre V_{n-1}^4 passant par une V_{n-2}^9 , d'équations (2) et (3), et par le plan π d'une cubique plane située sur elle, constituent le système homaloïdal d'une transformation birationnelle t_3 .*

Ce sont en effet les images, dans la représentation rationnelle de la V^8 à partir de Q , des sections hyperplanes qui contiennent P .

On définit et l'on étudie de même les transformations birationnelles t_2 , qui sont par exemple, dans l'espace à 3 dimensions, les transformations d'indices (3,3) dont le système homaloïdal est formé de surfaces cubiques ayant en commun une quintique de genre 2 et l'une de ses cordes simples.

II. *Les transformations simplement rationnelles t_3 .* — La représentation rationnelle de la V^8 de E_{n+3} ($n \geq 5$), où les coordonnées sont x_k ($k = 1, 2, \dots, n+1$) et X_1, X_2, X_3 et qui a pour équations

$$(V^8) \quad \begin{cases} \varphi_1(x_k) - (X_1)^2 = 0, \\ \varphi_2(x_k) - (X_2)^2 = 0, \\ \varphi_3(x_k) - (X_3)^2 = 0, \end{cases}$$

permet de transformer dans E_n les formes quadratiques $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ des variables x_1, x_2, \dots, x_{n+1} en carrés de polynomes portant sur les paramètres u_1, u_2, \dots, u_{n+1} . Sous forme géométrique

$$(\tau_3) \quad x_1 = x_1(u_k), \quad x_2 = x_2(u_k), \quad \dots, \quad x_{n+1} = x_{n+1}(u_k)$$

définit une substitution simplement rationnelle, qui transforme les 3 quadriques $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0, \varphi_3 = 0$ en 3 surfaces doubles $X_1(u_k) = 0, X_2(u_k) = 0, X_3(u_k) = 0$.

D'après le théorème 1, τ_3 fait correspondre aux E_{n-1} un réseau à n dimensions de V_{n-1}^4 ayant une V_{n-2}^9 commune, tandis que les 3 quadriques $\varphi_1 = 0, \varphi_2 = 0, \varphi_3 = 0$ donnent chacune une V_{n-1}^4 , double, de ce réseau. Donc :

THÉOREME 3. — *Trois quadriques d'un espace à 5 dimensions au moins peuvent être transformées en 3 V_{n-1}^4 , doubles, du 4° ordre, par une transformation τ_3 du 4° ordre, simplement rationnelle (1,8).*

Interprétons τ_3 géométriquement. Soit Q le plan E_2 de la V^8 qui sert à faire sa représentation paramétrique, et P le plan E_2 d'équations

$$x_1 = x_2 = \dots = x_{n+1} = 0$$

dans E_{n+3} . Au point $m(x_k)$ correspondent 8 points sur la V^8 , dans l' E_3 défini par P et m , puis par projection faite de Q , 8 points m' . La transformation bira-

tionnelle t_3 de I, est une transformation τ_3 particulière qui correspond au cas où P se trouve, comme Q, sur la V^8 .

On définit de même les transformations τ_2 simplement rationnelles $(1,4)$, d'ordre 3, qui transforment 2 coniques en cubiques doubles, et plus généralement les transformations τ_p simplement rationnelles $(1,2^p)$ d'ordre $p+1$, qui changent p quadriques de $E_n\{n \geq [(p-1)(p+2)/2]\}$ en variétés doubles d'ordre $p+1$.

Ce problème, lié à la rationalité de l'intersection de p hyperquadriques, ne lui est pas équivalent, puisqu'il n'exige qu'une représentation unicursale, même impropre, de cette variété.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'étude, par expérimentation analogique, de grilles rectilignes de profils quelconques.* Note de MM. **LUCIEN MALAVARD** et **RAYMOND SIESTRUNCK**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'étude théorique des grilles rectilignes indéfinies formées de profils quelconques présente un grand intérêt par l'application immédiate qui peut en être faite à la prévision des caractéristiques théoriques des machines axiales (soufflantes et compresseurs axiaux). La méthode que nous présentons ici, et que nous avons constatée être d'une application pratique, est une méthode mixte, qui combine l'expérimentation analogique et le calcul; elle utilise le procédé de représentation conforme des profils d'ailes dû à L. Malavard ⁽¹⁾.

Soit une grille, d'espacement a parallèle à Oy , soit t la corde des profils, ω leur calage par rapport à Ox . La grille étant attaquée par un courant de vitesse complexe $V_1 e^{-i\alpha}$ à l'infini amont, appelons $V_2 e^{-i\beta}$ la vitesse complexe à l'infini aval, la déflexion étant donc $\delta = \beta - \alpha$ et la survitesse (ou sous-vitesse) $\mu = (V_2/V_1)$. On sait que l'on a

$$(1) \quad \mu \cos \beta = \cos \alpha$$

et

$$(2) \quad \Gamma = \mu \sin \beta - \sin \alpha,$$

Γ étant la circulation autour de chaque profil, rapportée à aV_1 . Rappelons enfin que l'effort P sur un profil se calcule comme si celui-ci était isolé dans le courant, uniforme de vitesse à l'infini,

$$\frac{V_1 e^{-i\alpha} + V_2 e^{-i\beta}}{2}.$$

On en déduit les expressions des coefficients de poussée, par exemple

$$C_y = -2 \cos \alpha \Gamma \varepsilon, \quad \text{si } \varepsilon = (a/t).$$

La transformation conforme $Z = e^{2\pi z/a}$ transpose le problème de l'écoulement

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 106-108.

autour de la grille (plan z) en un problème concernant un seul profil (plan Z) en présence d'un tourbillon-source d'intensité $aV_1 e^{-i\alpha}$ à l'origine $Z = 0$. C'est à ce point de l'analyse qu'intervient la méthode d'analogie électrique rappelée ci-dessus : ayant réalisé deux modèles (l'un isolant, l'autre conducteur) du profil unique (C) du plan Z , on obtient expérimentalement, au bassin, la représentation conforme de (C) (avec correspondance des points à l'infini) sur l'extérieur du cercle unité (γ) d'un plan ζ , ainsi que la position $M_0(\zeta_0)$ dans ce plan de l'homologue de l'origine $Z = 0$. L'écoulement autour de (γ) dépend du potentiel des vitesses

$$\Phi(\zeta) = \cos \alpha \log \frac{(\zeta - \zeta_0) \left(\zeta - \frac{1}{\zeta_0} \right)}{\zeta} - i \sin \log \frac{\zeta - \zeta_0}{\zeta - \frac{1}{\zeta_0}} + i \mu \sin \beta \log \zeta,$$

Φ étant rapporté à aV_1 , $\bar{\zeta}_0$ étant l'imaginaire conjugué de ζ_0 ; μ et β (donc Γ) sont déterminés par la relation (1), à laquelle on joint la condition que $d\Phi/d\zeta$ s'annule au point P du cercle (γ) homologue de la pointe du profil (C).

Les formules obtenues donnent lieu à des constructions très simples dans le plan ζ , par exemple les suivantes :

Soient O le centre de (γ), Q le point de ce cercle diamétralement opposé à P, M_1 le point de OP qui se projette en M_0 sur M_0P : la droite qui fait l'angle α avec M_0P et la parallèle à cette droite menée par Q coupent M_0M_1 en A et B respectivement, et la droite BP définit par son angle avec M_0P l'angle β ; en particulier l'angle de OP avec M_0P donne l'incidence de portance nulle de la grille.

Soient d'autre part R le second point d'intersection de PA et du cercle (γ), QH la parallèle à M_1R qui rencontre PA en H; la perpendiculaire en H à PA coupe la droite OP en L, et l'on vérifie que $C_x = \overline{LH} \varepsilon$.

L'étude complète d'une série de grilles formées des mêmes profils, avec différentes valeurs de ε et de ω , nécessite l'expérimentation au bassin d'un certain nombre de profils (C) [la forme de (C) dépend de ω et de ε], de façon à pouvoir tracer dans le plan de (γ) un réseau de courbes lieux du point M_0 à $\varepsilon = \text{const.}$ et $\omega = \text{const.}$

Il est clair que les constructions précédentes permettent de déterminer aisément le point M_0 caractéristique de la grille satisfaisant par exemple à deux triangles de vitesses imposés, ou à un triangle de vitesses donné et à une condition complémentaire quelconque : les deux courbes $\varepsilon = \text{const.}$ et $\omega = \text{const.}$, qui se croisent au point M_0 obtenu, fournissent l'interstice à adopter et le calage à donner aux profils.

Il est à noter que, dans toute cette étude, on peut se contenter simplement de déterminer au bassin électrique le point M_0 homologue de l'origine du plan Z , ce qui ne demande que très peu de temps. Mais on peut également préciser chaque fois la correspondance point par point des contours (C) et (γ) et le

module de la transformation $dZ/d\zeta$, dont la connaissance est nécessaire si l'on veut obtenir la répartition théorique des vitesses sur les profils de la grille; cette dernière étude peut fournir d'utiles renseignements concernant les décollements susceptibles de s'amorcer dans certaines régions du profil; elle présente d'autre part un intérêt essentiel dans la prévision des caractéristiques des machines axiales à grande vitesse, où l'on est conduit à rechercher des répartitions particulières des pressions sur les profils aux régimes de fonctionnement principaux de la grille. Ajoutons que les déterminations actuellement effectuées ont donné toute satisfaction quant à la commodité et à la précision de la méthode.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les coefficients d'adhérence du caoutchouc.*

Note de MM. JEAN LE BRAS et PIERRE THIRION, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude des coefficients d'adhérence et de frottement du caoutchouc avait surtout été faite jusqu'à présent sur des objets manufacturés, en vue d'obtenir des résultats d'ordre technique. Toutefois un point théorique important avait été mis en évidence par divers auteurs ⁽¹⁾ : pour le caoutchouc le coefficient d'adhérence diminue quand la pression de contact augmente, alors qu'il reste constant pour les corps solides, lesquels obéissent à la loi de Coulomb. Cette singularité nous a incités à rechercher, les lois qui régissent sa variation. Le dispositif expérimental utilisé, dont la description sera donnée ailleurs, permet de mesurer l'angle formé, au moment où le glissement commence, par la réaction et la normale au plan de contact.

L'échantillon de caoutchouc étudié est solidement fixé sur un support, de manière à éviter tout décollement partiel, générateur de déformations et d'erreurs. En effectuant des essais successifs, on remarque que le coefficient d'adhérence augmente dans une proportion de l'ordre de 15 à 20 %, et atteint après 4 ou 5 mesures une valeur limite, que l'on peut adopter comme chiffre caractéristique pour la pression de contact considérée. Nous avons vérifié que ce coefficient limite A_l diminue fortement lorsqu'augmente la pression de contact P , et établi l'existence d'une relation linéaire entre $1/A_l$ et P , lorsque P est supérieur à 3 kg/cm² ⁽²⁾.

Pour se faire une idée exacte des variations du coefficient d'adhérence, il faut tenir compte à la fois de l'ordonnée à l'origine et de la pente. Le

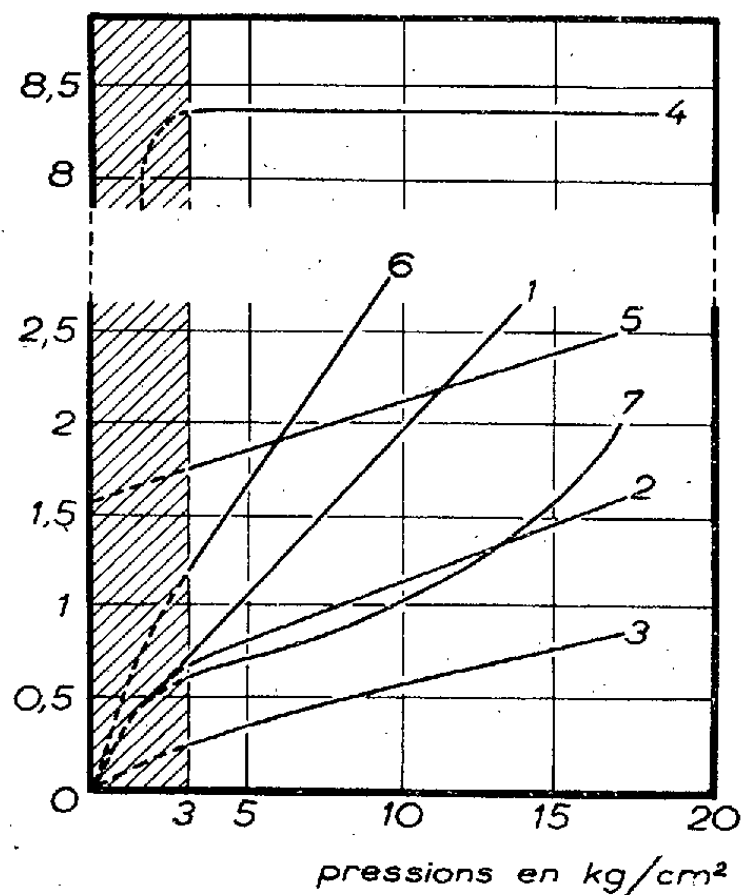
⁽¹⁾ BREUIL, *Caout. et Gutta-Percha*, 26, 1929, p. 14405; VOGT, *Ind. Eng. Chem.*, 20, 1928, p. 302; ROTH, DRISCOLL et HOLT, *J. Research. Nat. Bur. Stand.*, 28, 1942, p. 439.

⁽²⁾ Au-dessous, le coefficient d'adhérence tend à augmenter indéfiniment lorsque la pression se rapproche de zéro; ce phénomène semble résulter des effets combinés de la pression atmosphérique et de l'adhésion qui, ainsi que nous l'avons observé, subsiste dans le vide, entre le caoutchouc et sa piste de glissement, avec une valeur assez importante.

premier de ces paramètres caractérise le coefficient d'adhérence théorique pour une pression de contact nulle et le second, la valeur maximum de l'effort tangentiel par unité de surface de contact. Indépendants de la grandeur de cette surface, tous deux sont fonction des facteurs extérieurs, tels que nature de la piste de glissement ou température d'essai, et de ceux qui agissent sur l'état même du caoutchouc : degré de vulcanisation, proportion d'ingrédients etc.

D'une manière générale des modifications de la nature de la piste rigide ne conduisent pas à des résultats très différents ⁽³⁾ : les variations observées sont de l'ordre de 10 %. Les coefficients sont au contraire nettement réduits par la présence de rugosités sur la piste, de même que par une élévation de température.

Quand on passe du caoutchouc cru (courbe 1) à un vulcanisat simple du type pure gomme (courbe 2), on constate que la pente de la partie recti-



1, caoutchouc cru sur verre; 2, caoutchouc vulcanisé sur verre; 3, caoutchouc chargé sur verre; 4, ébonite sur verre; 5, caoutchouc gelé sur verre; 6, caoutchouc vulcanisé sur verre (à 50°); 7, caoutchouc sur caoutchouc.

ligne diminue si l'on augmente le degré de vulcanisation. Quand on arrive à l'ébonite, le coefficient d'adhérence reste pratiquement constant (courbe 4) : contrairement au caoutchouc souple, le caoutchouc durci suit la loi de Coulomb.

Le coefficient d'adhérence devient donc de moins en moins sensible à la pression quand le caoutchouc se rapproche davantage de l'état solide.

⁽³⁾ Cependant, on n'observe plus de relation linéaire lorsqu'il s'agit de l'adhérence du caoutchouc sur lui-même (courbe 7).

Cette observation est confirmée par les faits suivants : le gel du caoutchouc cru entraîne une diminution importante de la pente (courbe 5), alors que, pour un vulcanisat, l'élévation de température agit en sens inverse (courbe 6).

Le caoutchouc n'est pas le seul corps auquel la loi de Coulomb ne s'applique pas. Il en est de même pour des substances telles que le thiokol (poly-sulfure d'éthylène) ou le chlorure de polyvinyle plastifié, douées elles aussi d'une certaine élasticité caoutchoutique. C'est donc à l'état particulier de ces matériaux, intermédiaires entre les liquides et les solides, que semble dû leur comportement spécial.

MAGNÉTISME. — *Loi d'approche à la saturation et forces magnétocristallines dans les ferromagnétiques cubiques polycristallins.* Note de (1) M. LOUIS NÉEL, présentée par M. Aimé Cotton.

D'après Becker (2), dans un champ H intense, l'aimantation \mathcal{J} d'un ferromagnétique, composé de cristallites cubiques orientés au hasard, tend vers la saturation \mathcal{J}_s selon la loi d'approche

$$(1) \quad \mathcal{J} = \mathcal{J}_s (1 - 8K^2 : 105 H^2 \mathcal{J}_s^2),$$

où K est la constante d'anisotropie. Mais, les interactions magnétiques, pourtant considérables, entre les cristallites ayant été négligées, il importe de reprendre cette théorie.

Rapportons la substance à trois axes rectangulaires (H parallèle à Oz). Au voisinage de la saturation, les forces de couplage avec le réseau cristallin sont équivalentes à un champ fictif dont les composantes F_x et F_y , suivant Ox et Oy , variables d'un cristallite à l'autre, s'expriment par un développement de Fourier

$$(2) \quad F_x = \sum_{pqr} M_{pqr} \exp \frac{2i\pi}{L} (p x + q y + r z),$$

où le signe somme est étendu, ici comme dans la suite, à toutes les valeurs entières de p, q, r , et où L est grand vis-à-vis des dimensions des cristallites. Pour F_y , on a un développement analogue avec M'_{pqr} à la place de M_{pqr} . Comme F_x est réel, on a $M_{-p, -q, -r} = M_{pqr}^*$. Il existe une infinité de développements du type (2) correspondant pratiquement à la même substance : il importe donc plutôt de connaître les valeurs probables des M_{pqr} que leurs valeurs réelles pour un développement donné. Si la substance est en moyenne isotrope, cette loi de probabilité ne dépend que du seul paramètre

(1) Séance du 23 mai 1945.

(2) BECKER et DÖRING, *Ferromagnetismus*, p. 168, Berlin, 1939. Cf. aussi AKULOV, *Zeits. f. Physik*, 69, 1931, p. 822; GANS, *Ann. der Phys.*, 15, 1932, p. 28.

$\rho^2 = p^2 + q^2 + r^2$; en particulier, il en est de même de la valeur moyenne $\overline{M_{pqr} M_{pqr}^*}$ du produit $M_{pqr} M_{pqr}^*$ qu'on peut donc poser égale à F_ρ . Par symétrie $\overline{M'_{pqr} M_{pqr}^*} = F_\rho$. De plus $\overline{M_{pqr}} = 0$ et les M et les M' étant indépendants, on a aussi $\overline{M'_{pqr} M_{pqr}^*} = 0$.

Au voisinage de la saturation, les composantes de l'aimantation spontanée en un point sont $\mathcal{J}_x = \alpha \mathcal{J}_s$; $\mathcal{J}_y = \beta \mathcal{J}_s$; $\mathcal{J}_z = \mathcal{J}_s$, où α et β sont petits. Pour tenir compte des interactions magnétiques, il faut ajouter, au champ appliqué H , un champ supplémentaire dérivant d'un potentiel V . Les conditions locales d'équilibre de l'aimantation spontanée s'écrivent

$$(3) \quad \alpha = \frac{1}{H} \left(F_x - \frac{\partial V}{\partial x} \right); \quad \beta = \frac{1}{H} \left(F_y - \frac{\partial V}{\partial y} \right).$$

On cherche ensuite un potentiel V qui satisfasse à l'équation de Poisson $\Delta V + 4\pi m = 0$ avec $m = -\text{div } \mathcal{J}$. On trouve, en posant $b = 4\pi \mathcal{J}_s / H$,

$$(4) \quad V = \sum \frac{bL}{2i\pi} \frac{p M_{pqr} + q M'_{pqr}}{\rho^2 + b(p^2 + q^2)} \exp \frac{2i\pi}{L} (p x + q y + r z).$$

On en déduit α et β d'après (3), et comme valeur moyenne de $\alpha^2 + \beta^2$,

$$(5) \quad \overline{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{1}{H^2} \sum_{pqr} F_\rho \left\{ 1 + \left[\frac{\rho^2}{\rho^2 + b(p^2 + q^2)} \right]^2 \right\}.$$

L'aimantation macroscopique est alors égale à $\mathcal{J}_s [1 - (\overline{\alpha^2 + \beta^2})/2]$. Pour calculer la somme (5) on la remplace par une intégrale. D'autre part, en faisant une théorie du même genre, mais qui ne tienne pas compte des interactions, on doit retrouver la formule (1), ce qui donne la condition

$$(6) \quad \sum_{pqr} F_\rho = \frac{8}{105} \frac{K^2}{\mathcal{J}^2}.$$

Finalement, on aboutit à la loi d'approche suivante :

$$(7) \quad \mathcal{J} = \mathcal{J}_s \left(1 - \frac{8}{105} \frac{K^2}{H^2 \mathcal{J}_s^2} \frac{G}{2} \right),$$

avec

$$(8) \quad G = 1 + \frac{1}{2(b+1)} + \frac{1}{2(b+1)^2} \sqrt{\frac{b+1}{b}} \arg \text{th} \sqrt{\frac{b}{b+1}}.$$

Dans la pratique, la loi d'approche du fer contre les forces magnétocristallines s'étudie entre 500 et 2000 œersteds : b est donc assez grand, supérieur à 10. Le facteur $G/2$ de la formule (7) prend alors les valeurs suivantes :

$1:b \dots \dots$	0,022	0,050	0,116	0,276
$G/2 \dots \dots$	0,506	0,513	0,531	0,576

Il est donc voisin de 0,5. Ainsi, lorsqu'on tient compte des interactions, la loi d'approche conserve la forme classique (1), le coefficient du terme en $1/H^2$ est sensiblement divisé par 2. L'expérience confirme cette conclusion.

OPTIQUE. — *Sur la densité optique des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation et l'épaisseur de la couche protectrice d'alumine.*

Note de M. **LOUIS DUNOYER**.

Les résultats publiés ⁽¹⁾ permettent de calculer, en fonction de leur épaisseur, la densité optique des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation. Mes mesures ont été faites en lumière blanche. Mais quelques expériences, effectuées avec interposition d'écrans colorés, ont montré la faible variation des propriétés optiques de ces couches avec la longueur d'onde, dans le domaine visible, ce que confirme l'absence des colorations variées qu'on observe, en fonction de l'épaisseur, avec d'autres métaux, comme l'or et l'argent. Je pense donc que l'emploi de lumière monochromatique ne changerait rien d'essentiel à ce qui va suivre.

Portant en abscisses l'épaisseur d de la couche, calculée d'après l'augmentation de masse par unité de surface après aluminure en supposant que la densité est celle de l'aluminium massif, et en ordonnées la densité optique D , j'ai constaté que les points se placent, non sur *une* droite passant par l'origine, mais sur *deux* droites, dont aucune d'ailleurs ne passe exactement par l'origine. Elles ont pour équations, en évaluant d en millimicrons,

$$D = 0,1203(d - 5,4) \quad \text{pour } d < 10,8^{\text{m}\mu} \quad \text{et} \quad D < 0,645,$$

et

$$D = 0,0525d + 0,09 \quad \text{pour } d > 10,8^{\text{m}\mu} \quad \text{et} \quad D > 0,645.$$

Ces résultats appellent plusieurs remarques.

1° Les deux droites se coupent pour $d = 10^{\text{m}\mu},8$. J'avais déjà trouvé ⁽²⁾ qu'une épaisseur de $11^{\text{m}\mu},3$ était une épaisseur critique pour la manière dont les atomes d'aluminium incidents se fixent sur la paroi de verre. On retrouve pratiquement la même épaisseur pour une discontinuité dans la manière dont la densité optique varie avec l'épaisseur. Les mesures de densité optique sont d'ailleurs entièrement indépendantes de celles de masse superficielle. Il semble donc bien qu'il y ait un changement de structure de la couche pour une épaisseur d'environ $11^{\text{m}\mu}$.

2° La première droite donne $D = 0$ pour $d = 5^{\text{m}\mu},4$. Si l'on admet que cette droite continue à représenter la densité optique pour des épaisseurs moindres que les plus petites que j'ai mesurées ($7^{\text{m}\mu},5$), ce résultat, au premier abord surprenant, peut être facilement expliqué par l'oxydation de la couche, oxydation qui commence dès que l'air rentre dans l'appareil d'aluminure. Soit en effet m' la masse d'aluminium déposée par unité de surface avant oxydation, et

⁽¹⁾ L. DUNOYER, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 687.

⁽²⁾ L. DUNOYER, *ibid.*, 220, 1945, p. 520.

$D' = f(m')$ [avec $f(0) = 0$] la densité optique correspondante. Soit μ la masse d'aluminium qui s'oxyde par unité de surface; elle fixe une masse d'oxygène $\mu(48/54)$. Après oxydation, la masse m par unité de surface que fait connaître la pesée est donc $m = m' + \mu(48/54)$. La densité optique D que font connaître les mesures correspond à une masse d'aluminium métallique égale à $m' - \mu$; on a donc $D = f(m' - \mu) = f[m - \mu(102/54)]$. Si la densité D' est proportionnelle à m' , D sera une fonction linéaire de m , et la droite correspondante coupera l'axe des m pour $m = \mu(102/54)$. De même, si l'on porte D en fonction de $d = m/2,7$, la droite coupera l'axe des abscisses au point correspondant à une épaisseur $d_0 = \varepsilon(102/54)$, en appelant ε l'épaisseur de la couche d'aluminium qui s'est oxydée. En posant $d_0 = 5^{\text{m}\mu}, 4$, on obtient ainsi $\varepsilon = 2^{\text{m}\mu}, 9$. Si l'on admet que la densité de l'alumine formée est celle du corindon, on trouve pour l'épaisseur de cette couche d'alumine $3^{\text{m}\mu}, 6$.

3° D'après ce qui précède la pente des droites représentant la densité optique D avant oxydation doit être la même que celle des droites représentant la densité optique D après oxydation. De ces pentes on peut déduire le *coefficient d'absorption* k de l'aluminium en lumière blanche. On a en effet $\delta D / \delta d = k \log e$. On trouve ainsi, pour $d < 10,8-2,9$ ou $d < 7^{\text{m}\mu}, 9$, $k = 0,28.10^7 \text{ cm}^{-1}$ et, pour $d > 7^{\text{m}\mu}, 9$, $k = 0,12.10^7 \text{ cm}^{-1}$.

On peut déduire de là une valeur au moins approchée du *coefficient d'extinction* κ , qui figure dans l'indice imaginaire de la couche métallique $n = \nu - i\kappa$. On a en effet $k = 4\pi\kappa/\lambda$. Si nous prenons pour λ la valeur moyenne $0,5.10^{-4} \text{ cm}$, on obtient $\kappa = 11,1$ pour $d < 7^{\text{m}\mu}, 9$, et $\kappa = 4,8$ pour $d > 7^{\text{m}\mu}, 9$. Cette valeur du coefficient d'extinction est du même ordre que celles des métaux étudiés jusqu'ici, et qui s'échelonnent entre 2,6 pour le cuivre et 5 pour le mercure. La première est notablement plus élevée.

4° L'épaisseur critique de $11^{\text{m}\mu}$ trouvée plus haut doit naturellement subir une correction du fait de la couche d'alumine. L'épaisseur corrigée x de la couche d'aluminium avant oxydation est donnée par l'équation

$$11,2,7 = x.2,7 + \mu \frac{48}{54} = x.2,7 + 2,7 \frac{54}{102} 5,4 \frac{48}{54},$$

d'où $x = 8^{\text{m}\mu}, 5$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre Raman des oxychlorobromures de phosphore*. Note de M^{lle} MARIE-LOUISE DELWAULLE et M. FÉLIX FRANÇOIS, présentée par M. Charles Fabry.

Les oxychlorobromures de phosphore ont été étudiés par Besson, qui les a obtenus ⁽¹⁾ en portant au rouge le mélange gazeux d'oxychlorure de phosphore et d'acide bromhydrique. Il est, d'après Besson, extrêmement

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 814.

difficile de les isoler à l'état pur, car la distillation de l'un d'entre eux, surtout à la pression atmosphérique, le scinde partiellement en un mélange d'oxyhalogénure et de l'autre oxychlorobromure; ainsi POCl^2Br se souille de POCl^3 et POClBr^2 .

Les spectres de l'oxychlorure et de l'oxybromure de phosphore sont connus; ceux des oxyhalogénures mixtes ne sont pas signalés.

Nous nous sommes proposé d'obtenir les spectres Raman de ceux-ci et en outre de déterminer si des équilibres chimiques ne s'établissaient pas entre les oxyhalogénures de phosphore à la température ordinaire.

Le mélange de POCl^3 et de POBr^3 , effectué à la température ordinaire, donne un spectre Raman qui présente uniquement la superposition des spectres des deux oxyhalogénures purs : ceci prouve l'absence de réaction entre ces deux molécules à la température ordinaire.

Nous avons alors repris la préparation de Besson : le mélange global obtenu dans l'action de BrH sur POCl^3 au rouge, après avoir été débarrassé du brome libre, est distillé en totalité sous pression réduite, puis soumis à l'effet Raman. Le spectre présente alors outre les raies de POCl^3 , celles de POBr^3 et des fréquences nouvelles. Il y a donc eu réaction chimique et production de corps nouveaux.

Entre les deux fréquences les plus symétriques, ν_1 de POCl^3 et ν_1 de POBr^3 , intenses et presque complètement polarisées, apparaissent deux fréquences intenses et presque complètement polarisées qui sont certainement les fréquences les plus symétriques des molécules POCl^2Br et POBr^2Cl .

Le mélange global a été ensuite fractionné plusieurs fois sous vide et les fractions recueillies ont été soumises à l'effet Raman.

Les constituants de chacun des mélanges ainsi obtenus sont mis en évidence par la présence de la fréquence la plus symétrique de leur spectre. On voit ainsi qu'il est très difficile, comme l'avait signalé Besson, d'obtenir chacun des deux oxyhalogénures mixtes à l'état de pureté.

En ce qui concerne POCl^2Br , nous avons recueilli, dans les produits de tête, des mélanges contenant POCl^3 et cet oxydichlorobromure seul. Par une série de fractionnements nous avons obtenu un POCl^2Br qui n'était plus souillé que de très petites quantités de POCl^3 et POClBr^2 .

Pour POClBr^2 , nous n'avons pu aboutir qu'à des mélanges contenant soit POCl^2Br et POClBr^2 , soit même POCl^2Br , POClBr^2 et POBr^3 . Nous n'avons pas poussé davantage le fractionnement, pour éviter le jaunissement des liquides obtenus, qui gênait beaucoup pour l'obtention des spectres.

Bien que nous ayons travaillé sur des mélanges, il ne nous a pas été difficile d'identifier les neuf fréquences prévues pour les molécules POCl^2Br et POClBr^2 .

Pour $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ le spectre du mélange $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ et PO Cl^3 fournit sept fréquences, bien détachées de celles de PO Cl^3 ; le spectre du mélange contenant presque uniquement $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ met en évidence les deux autres.

Les spectres de $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ et PO Br^3 étant connus, l'étude des mélanges $\text{PO Cl}^2\text{Br-PO Cl Br}^2$ et $\text{PO Cl}^2\text{Br-PO Cl Br}^2\text{-PO Br}^3$ fournit le spectre de PO Cl Br^2 .

Les spectres obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

Composé.	δ_{12}	$\delta_{3..}$	δ_{45}	ν_1	ν_{23}	ν_4
PO Cl^3 {	193	267,4	337,4	486,2	581,2	1290
J = I + i..	8	6	7	10	3	5
ρ	0,83	0,64	0,81	0,05	6/7	0,40
$\text{PO Cl}^2\text{Br}$ {	161	172	242	285	327	432
J.....	2,4	2,7	3,2	3,5	0,9	10
ρ	6/7	0,7	0,3	0,55	6/7	0,05
PO Cl Br^2 {	130	157	209,5	271	291	391
J.....	3,6	5,4	2,5	2,5	10	10
ρ	0,66	dépol.	0,25	6/7	pol.	0,08
PO Br^3 {	118	173	267	340	488	1261
J.....	7,5	6	5	10	faible	moy.
ρ	0,87	0,3	0,88	0,16	dépol.	pol.

Comme le prévoit la théorie pour une molécule tétraédrique AX^2YZ , le spectre de $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ et de PO Cl Br^2 montrent neuf fréquences Raman, dont trois dépolarisées et six polarisées.

L'évolution des fréquences est facile à suivre quand on passe d'une molécule AX^3Y (symétrie C_{3v}) à une molécule AX^2YZ (symétrie C_s).

La fréquence δ_{12} , dégénérée dans PO Cl^3 et PO Br^3 , donne deux fréquences, dont l'une est polarisée et l'autre dépolarisée.

La fréquence δ_3 , polarisée dans PO Cl^3 et PO Br^3 , reste polarisée dans $\text{PO Cl}^2\text{Br}$ et PO Cl Br^2 .

La raie δ_{45} dépolarisée donne deux raies δ_4 et δ_5 , dont l'une est polarisée et l'autre dépolarisée.

ν_1 reste la raie la plus intense de tous les spectres et elle est toujours presque complètement polarisée.

La raie ν_{23} , large, peu intense et dépolarisée, se dédouble en deux raies larges et faibles : l'une ν_2 se place vers ν_{23} dont elle dérive et elle est dépolarisée; l'autre ν_3 , polarisée, s'approche de l'excitatrice si la molécule s'alourdit ou s'en éloigne si la molécule s'allège.

ν_4 reste large, un peu plus intense que ν_{23} ; elle est polarisée et varie très peu quand on passe d'une molécule à la suivante : c'est manifestement la raie PO.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le chargement en hydrogène par électrolyse ou par attaque à l'acide de l'acier extra-doux recuit.* Note ⁽¹⁾ de M. PAUL BASTIEN, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons étudié ⁽²⁾ la diffusion dans l'acier Martin extra-doux recuit de l'hydrogène naissant formé lors de l'attaque du métal par les solutions acides, ainsi que l'évolution de la fragilité résultante. Si la fragilité initiale après décapage ne dépasse pas une valeur limite, fonction de l'acier, le rétablissement des caractéristiques de pliage, lent et pratiquement incomplet à l'air sec, est rapide et complet dans l'eau et il est accompagné d'un dégagement d'hydrogène.

Nous nous sommes proposé ici de faire une comparaison entre les comportements de l'hydrogène chargé par électrolyse ou par décapage à l'acide dans une série d'aciers extra-doux recuits, de compositions très voisines, mais différents par l'élaboration. Tous les aciers étudiés furent recuits à 950° et chargés en hydrogène par attaque de 48 heures dans une solution à 10 % d'acide chlorhydrique ou par électrolyse de même durée dans cette solution ⁽³⁾. Après chargement, les dégagements gazeux furent suivis en fonction du temps, les fils étant immergés à 15° C. dans du mercure, ainsi que l'évolution de la fragilité caractérisée par la variation de l'aptitude au pliage. Tous les essais furent arrêtés après 1000 heures de séjour dans le mercure : la valeur atteinte à ce moment par les caractéristiques de pliage fut très soigneusement déterminée, comme moyenne de 40 essais, ainsi que les caractéristiques N_i correspondantes du métal initial ⁽⁴⁾.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Nature de l'acier.	État initial.	Chargement en hydrogène par					
		décapage à l'acide.			électrolyse.		
	A.	B.	C.	D.	B.	C.	D.
Acier calmé Martin basique.....	34	8-9	34	44,5	6	33	59
Acier non calmé Martin basique..	28	8	25	30,2	7	22	59,5
Acier Thomas.....	33	9	33	42,5	8	29	57
Acier Armco.....	31	27	26	0,6	14	14	3

A, pliages avant décapage; B, pliages après décapage; C, pliages après 1000 heures dans le mercure. D, volumes de gaz dégagés cm³/100g.

Les figures 1 et 2 montrent l'évolution des dégagements gazeux et de la

⁽¹⁾ Séance du 28 mai 1945.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 105.

⁽³⁾ Des chargements électrolytiques furent également faits avec les mêmes résultats, dans des milieux tels que SO⁴H² pur et NaOH 10 %-aqueux, ne donnant pas, par immersion simple, de fragilité de décapage.

⁽⁴⁾ L'écart quadratique moyen par rapport à la moyenne des quarante essais, était de 4 à 5 suivant les aciers.

fragilité pour deux cas nettement différents constitués par l'acier calmé Martin basique (disparition quasi complète de la fragilité) et l'acier Armco (maintien total de la fragilité). L'ensemble de nos résultats conduit aux con-

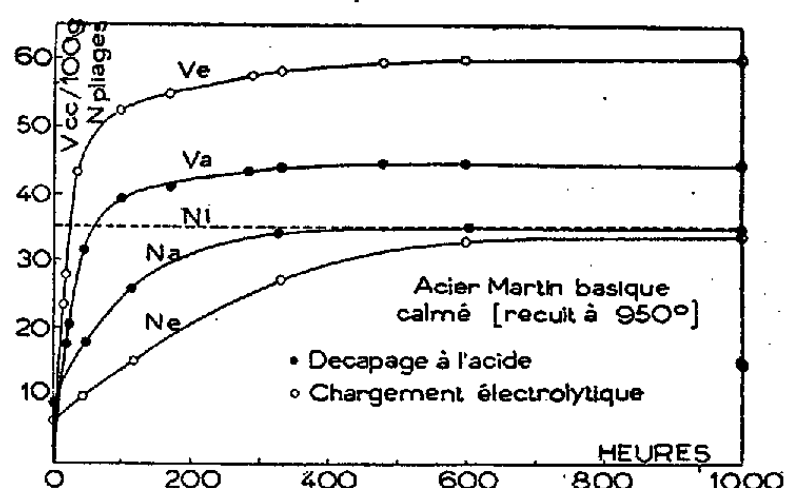


Fig. 1.

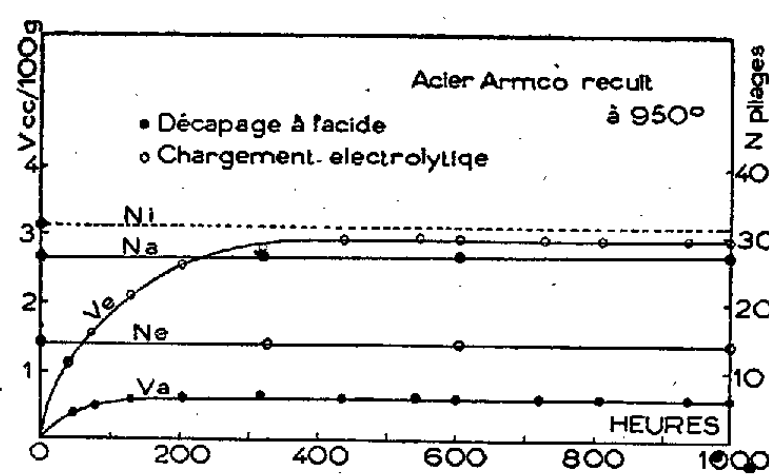


Fig. 2.

clusions suivantes : 1° il y a un parallélisme étroit, pour un même acier extradoux recuit, entre les comportements de l'hydrogène introduit par décapage à l'acide ou par électrolyse; 2° il existe, par contre, des différences de comportement extrêmement nettes entre aciers de compositions très voisines, mais d'élaborations différentes. C'est là un point important sur lequel, à notre connaissance, l'attention ne s'est pas portée.

Nous avons cherché une relation entre la remontée des caractéristiques de pliage après chargement en hydrogène et le volume de gaz dégagé à l'ambiante, dans le mercure.

La figure 3 montre pour l'acier calmé Martin basique recuit que si les

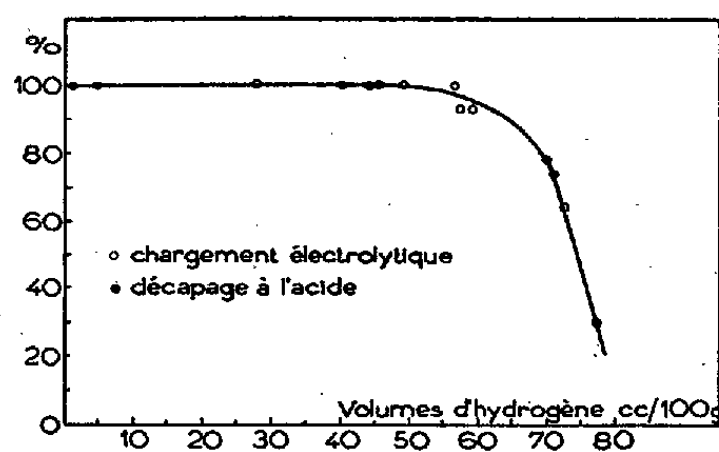


Fig. 3. — En ordonnées sont portés les pourcentages des remontées des caractéristiques de pliage.

conditions du chargement sont telles que le volume de gaz dégagé ne dépasse pas $55 \text{ cm}^3/100\text{g}$, la disparition de la fragilité, appréciée par la remontée des caractéristiques de pliage, est complète; au delà une fragilité résiduelle subsiste d'autant plus forte que le volume dégagé est plus grand.

On peut penser qu'après départ du volume d'hydrogène susceptible de se dégager à froid par séjour prolongé dans le mercure, une petite quantité de gaz subsiste dans le métal, d'autant plus forte que le volume introduit a été plus important : jusqu'à une certaine valeur, ce volume résiduel de gaz est sans

effet perceptible à la caractérisation de la fragilité par l'essai de pliage. Ceci est confirmé par le fait que si, après arrêt du dégagement à froid et stabilisation de la fragilité, le métal séjourne 50 heures à 100° dans le mercure⁽¹⁾, on a un nouveau dégagement de gaz, d'autant plus fort que la fragilité résiduelle était plus accusée, et disparition de cette fragilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le nitrate d'acétyle agent de synthèse pour la préparation des nitrates minéraux anhydres*. Note⁽¹⁾ de MM. **ANDRÉ CHRÉTIEN** et **GEORGES BOH**, présentée par M. Paul Lebeau.

Presque tous les nitrates donnent des hydrates par cristallisation de leurs solutions aqueuses.

Malgré des travaux variés, on ne possède pas de méthode sûre et pratique pour obtenir les nitrates anhydres. Le passage de l'hydrate au sel anhydre n'est pas réalisable dans de bonnes conditions, soit que l'on opère par déshydratation directe en raison de la pyrolyse facile (l'eau d'inclusion des sels anhydres ne peut même pas être éliminée sans éviter une perte de sel par décomposition, le nitrate de plomb en est un exemple), ou que l'on fasse intervenir un agent de déshydratation comme l'acide azotique, l'anhydride azotique, l'éther. Il en est de même pour la double décomposition en milieu organique, qui donne en général une association du nitrate et du solvant.

Nous avons pensé qu'une méthode qui procéderait par nitration du métal ou d'un oxyde pourrait être efficace.

Dans ce but, divers agents ont été essayés. Le nitrate d'acétyle s'est révélé particulièrement intéressant; les autres conduisant à une combinaison moléculaire du nitrate ou de l'oxyde (N^2O^3 liquide, N^2O^4 ou NO^2).

Le nitrate d'acétyle (10^{cm^3}) est mis en présence de 1 à 2^g d'oxyde de plomb II, d'oxyde de cuivre II (l'un et l'autre obtenus en précipitant l'hydroxyde par la potasse à partir du nitrate R. P., puis dessiccation prolongée à 180°), d'oxyde de magnésium (magnésie légère pour analyse), à l'abri de l'humidité, avec agitation; la température est maintenue à 0° .

La réaction doit être conduite lentement; par addition progressive du nitrate d'acétyle; elle est terminée en 3 heures.

Une pâte blanche plus ou moins épaisse s'est formée. Elle est essorée à travers la plaque de verre fritté, puis lavée au tétrachlorure de carbone et à l'éther anhydre dans l'appareil même.

Le résidu sec est entièrement soluble dans l'eau et sans aucun déga-

(1) Ces conditions de recuit dépendent, dans une large mesure, de l'acier étudié.

(1) Séance du 23 mai 1945.

gement de vapeurs nitreuses, contrairement aux combinaisons moléculaires de nitrate et d'un oxyde d'azote.

Ses solutions aqueuses sont neutres et ne colorent pas la métaphénylène diamine (absence de nitrite) mais elles colorent en bleu la diphénylmanine sulfurique.

Le dosage du métal donne un pourcentage très voisin de celui du nitrate anhydre $(\text{NO}^3)_2\text{Pb}$ (62,3 et 62,1 % au lieu de 62,5, pesée du sulfate), $(\text{NO}^3)_2\text{Cu}$ (33,6 au lieu de 33,9, électrolyse), $(\text{NO}^3)_2\text{Mg}$ (16,1 et 16,0 au lieu de 16,4, pyrolyse, pesée du résidu d'oxyde).

Le nitrate d'acétyle est préparé d'après les données de Pictet et Khotinsky ⁽²⁾ (dissolution à 0° de l'anhydride azotique dans de l'anhydride acétique puis distillation sous 70^{mm} de Hg; on recueille la fraction passant entre 20 et 25°); l'opération est faite dans un appareil tout en verre.

C'est un liquide très fragile. Il est décomposé par élévation de température avec production de vapeurs nitreuses et de tétranitrométhane, huile jaune; le phénomène apparaît avant 60°. Une détonation se produit par chauffage brusque; il y a explosion spontanée avec inflammation au contact de certains oxydes particulièrement actifs, comme l'oxyde rouge de mercure. Le nitrate d'acétyle doit être alors dilué par du tétrachlorure de carbone.

Il est hydrolysé rapidement. Sa conservation est très limitée même dans un dessiccateur sous vide en présence d'anhydride phosphorique.

Sa préparation est rendue pratique à partir de l'anhydride azotique par oxydation du dioxyde d'azote liquide avec de l'oxygène ozonisé à 8 % au moins; une commutatrice est nécessaire pour élever à 500 périodes la fréquence du courant alimentant l'ozonneur à effluve.

Le nitrate d'acétyle apparaît donc comme un agent de synthèse des nitrates anhydres à partir des oxydes métalliques.

Cette propriété est à rapprocher de celle du chlorure d'acétyle qui est un agent de synthèse de chlorures anhydres ⁽³⁾.

L'un comme l'autre agit à froid, particularité remarquable étant donnée la fragilité des composés formés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des propriétés réductrices du méthane.*

Note de M. JEAN RACINE, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons étudié l'action du méthane sur un certain nombre d'oxydes métalliques.

Le méthane pur, desséché par l'acide sulfurique concentré, passe dans un

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 210.

⁽³⁾ A. CHRÉTIEN et G. OECHSEL, *ibid.*, 206, 1938, p. 254.

tube de porcelaine ou de quartz de 2^{cm} de diamètre environ, chauffé dans un four électrique et renfermant une nacelle de porcelaine contenant l'oxyde. A leur sortie les gaz traversent d'abord un ballon refroidi, puis les réactifs appropriés. Le débit gazeux est d'environ 7 litres/heure. La température est repérée par un couple thermoélectrique en chromel-alumel. Au cours des essais elle n'a pas dépassé 1100°.

Les résultats obtenus avec les divers oxydes étudiés sont résumés ci-dessous en suivant l'ordre de la classification périodique des éléments. Indiquons tout d'abord que, s'il y a réduction, elle s'effectue avec dégagement de vapeur d'eau et, aux températures relativement basses, d'anhydrique carbonique.

Groupe I. — CuO est réduit à l'état de cuivre à partir de 530°. A température plus élevée il apparaît de l'acétylène (vers 800°), puis des goudrons et un dépôt de carbone (au-dessus de 880°).

Groupe II, MgO. — La magnésie n'est pas réduite par CH⁴, même à 1000°. A partir de 800° elle se transforme en une substance noire qui, calcinée, redonne l'oxyde blanc. Il se forme de petites quantités de C²H² à partir de 780° et des produits goudronneux à partir de 930°.

CaO. Nous obtenons des résultats analogues. Des grains blancs de chaux vive noircissent vers 850° non seulement en surface, mais encore à l'intérieur, ce qui cadre mal avec l'hypothèse d'un simple dépôt de carbone. Par calcination on retrouve CaO.

ZnO est réduit à partir de 830° à l'état de zinc qui distille en partie. La réduction, très lente, s'effectue mieux à température plus élevée, mais on obtient alors des goudrons et un abondant dépôt de carbone. C²H² apparaît vers 830°.

CdO se comporte comme ZnO, mais la réduction, plus rapide, débute à 670°.

HgO est réduit à l'état de mercure qui distille. La réduction s'effectue à partir de 560° pour la variété jaune et de 600° pour la variété rouge.

Groupe III, Al²O³. — L'alumine n'est pas réduite. Au cours de l'opération C²H² apparaît vers 930°, puis on observe des goudrons et du carbone.

Groupe IV, PbO². — Au cours d'une première réduction on obtient vers 440° du minium Pb³O⁴. Vers 600° il apparaît un sous-oxyde brun verdâtre. Il n'y a pas passage par le stade PbO. Vers 750° le sous-oxyde est réduit à l'état de plomb. A des températures plus élevées, il se forme C²H² et un peu de goudron.

Groupe VI, Cr²O³. — Il y a réduction vers 285° et l'on obtient une substance marron non identifiée. Vers 800° apparaît C²H², dont la quantité croît avec la température, comme c'est d'ailleurs presque toujours le cas au cours de nos essais sur les divers oxydes. Production de carbone et d'un peu de goudron vers 980°.

MoO³ est réduit vers 700° à l'état de MoO². En même temps on observe, à

la sortie du tube de quartz, un léger dépôt de bleu de molybdène Mo^2O^3 . Vers 900° la réduction est poussée jusqu'au métal. Remarquons qu'il ne se forme jamais de C^2H^2 , même à 1050° ; quant aux goudrons il s'en produit peu.

Au cours des essais précédents, la température à laquelle débutait la première réduction était maintenue constante pendant toute sa durée. Si, au contraire, nous faisons croître la température aussi rapidement que possible nous observons un phénomène particulier dans le cas de la réduction de MoO^3 : à 700° il se dégage, selon les prévisions, de la vapeur d'eau, puis, vers 800° , une vapeur bleue; celle-ci contient de l'oxyde bleu Mo^2O^3 , qui se dépose dans toutes les parties de l'appareil faisant suite au tube à réduction.

WO^3 . Comme pour MoO^3 la réduction s'opère par paliers. Vers 670° on observe de l'oxyde bleu W^2O^3 , puis vers 825° le bioxyde WO^2 , brun. Enfin nous obtenons le métal à 950° . C^2H^2 se forme à partir de 800° (différence avec MoO^3). Il y a production de carbone et de goudrons, mais au-dessus de 1000° pour ces derniers.

Groupe VII. — MnO est transformé vers 800° en une substance noire qui, traitée par l'eau chaude, donne naissance à un gaz à odeur alliée. Selon toute vraisemblance et conformément aux recherches de F. Fischer et F. Bangert (*Brennstoff. Chem.*, 10, 1929, pp. 261-265), il s'est formé un carbure de manganèse décomposable par l'eau (ou mieux l'eau acidulée) avec production d'hydrocarbures gazeux ne contenant en tout cas pas de C^2H^2 .

D'autre part, au cours de la réduction du MnO , C^2H^2 apparaît à partir de 825° .

Groupe VIII. — Fe^2O^3 se transforme d'abord à 400° en un oxyde inférieur non identifié. A 800° la réduction aboutit au fer. Si l'on opère vers 1050° on obtient une substance qui, traitée par acide chlorhydrique dilué, laisse dégager un gaz à odeur alliée, résultat analogue à celui obtenu avec MnO . Au cours de la réduction il apparaît C^2H^2 vers 800° et un dépôt de carbone au-dessus de 1000° .

Co^2O^3 . Les résultats sont comparables à ceux obtenus avec Fe^2O^3 : réduction à l'état de CoO vers 450° et de Co vers 800° . Il y a production d'un carbure de cobalt hypothétique vers 1000° .

NiO . A 590° est réduit en nickel. Vers 830° il apparaît C^2H^2 et du carbone.

Conclusion. — CH^4 se comporte donc vis-à-vis des oxydes métalliques comme un réducteur : les atomes d'H de CH^4 s'unissent à une partie de l'O de l'oxyde pour donner H^2O et, aux températures relativement basses, le carbone s'unit à l'autre partie de l'O pour donner CO^2 . D'une manière générale le méthane possède les propriétés réductrices de l'hydrogène, mais il n'agit qu'à température plus élevée; c'est un réducteur plus doux.

De plus il paraît certain, en ce qui concerne les oxydes des métaux du groupe du fer (MnO , Fe^2O^3 , Co^2O^3), que le carbone contenu dans la molécule de CH^4 peut s'unir au métal libéré pour donner un carbure métallique décomposable par l'eau acidulée avec mise en liberté de carbures d'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Alcoylation directe des phénols et des éthers-oxydes phénoliques par le cyclohexène en présence de fluorure de bore.* Note de MM. HENRI LEFEBVRE et ÉMILE LEVAS, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié ⁽¹⁾ l'alcoylation directe du phénol ordinaire par le cyclohexène en présence de BF_3 . Les mono-, di-, et tricyclohexylphénols furent préparés par cette méthode avec de bons rendements. Nous exposons ici les résultats de l'alcoylation, dans les mêmes conditions, de l'anisole, du *para*- et de l'*ortho*-crésol, ainsi que celle du phénol ordinaire, ce dernier au sein d'un solvant. Des essais sont actuellement en cours avec le β -naphtol, qui réagit également avec le cyclohexène en présence de BF_3 .

Notre étude a montré que la méthode de condensation utilisée précédemment pour le phénol ordinaire peut être généralisée et appliquée à d'autres phénols, ainsi qu'à l'anisole. Les résultats les plus intéressants ont été obtenus avec les crésols : nous avons trouvé que dans ce cas les produits de la réaction varient avec la température de condensation. *A basse température il y a formation prédominante d'oxyde mixte, tandis qu'à haute température on obtient uniquement des cyclohexylcrésols.*

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — Le détail de nos recherches sera publié dans un autre Recueil.

1° *Phénol et cyclohexène en présence de sulfure de carbone.* — A une solution de 3^{mol} de phénol (282^g) dans 300^{cm}³ de CS_2 ayant absorbé 4^g de BF_3 , on ajoute 0^{mol},75 de C_6H_{10} (61^g). Au cours de la condensation la température passe de 19 à 36°. Les traitements habituels permettent d'isoler 76^g d'un mélange de monocyclohexylphénols (Rdt par rapport au C_6H_{10} 57,6 %) renfermant 23,6 % de *para* et 76,4 % d'*ortho*. On ne trouve aucune trace d'oxyde de phényle et cyclohexyle.

2° *Anisole et cyclohexène.* — Par condensation de 1^{mol},5 d'anisole et 0^{mol},5 de C_6H_{10} en présence de 6^g de BF_3 , on obtient 56^g d'un mélange d'*ortho*- et de *para*-cyclohexylanisoles (Rdt 59 %).

Pour établir la composition de ce mélange nous l'avons déméthylé par BrH . D'après le poids des deux cyclohexylphénols isolés, le liquide soumis à la déméthylation renfermait approximativement 46 % de *para*-cyclohexylanisole et 54 % d'*ortho*. Bodroux ⁽²⁾, opérant avec Cl^3Al , obtint un rendement en cyclohexylanisoles du même ordre de grandeur.

3° *Ortho-crésol et cyclohexène.* — La nature des produits obtenus dépend de la température de condensation. Voici les résultats de trois de nos essais où nous condensons 0^{mol},5 de C_6H_{10} avec 1^{mol},5 d'*ortho*-crésol.

BF_3 .	Température maximum atteinte pendant la condensation.	Rend. par rapport au C_6H_{10} mis en œuvre	
		Oxyde de cyclohexyle et d'orthocrésyle.	Monocyclohexyl-orthocrésols.
3 ^g	30°	37 %	21 %
3,5.....	65	25	30
3,5.....	150	traces	54,2

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 782.

⁽²⁾ D. BODROUX, *Annales de Chimie*, 11, 1929, p. 511.

4° *Paracrésol et cyclohexène*. — Résultats analogues à ceux obtenus avec l'*ortho*-crésol. Cependant, ici, à basse température, une partie du C^6H^{10} échappe à la condensation (on abandonne le mélange 1 heure environ à la température ordinaire avec agitation fréquente après introduction du C^6H^{10}). Voici les résultats de trois essais où l'on faisait réagir 1^{mol},5 de *para*-crésol et 0^{mol},5 de C^6H^{10} .

BF ₃ .	Température maximum de condensation.	C ⁶ H ¹⁰ n'ayant pas réagi.	Rend. par rapport au C ⁶ H ¹⁰ mis en œuvre	
			Oxyde de cyclohexyle et de <i>para</i> -crésyle.	Monocyclohexyl- <i>para</i> -crésol.
3 ^s	30°	68 %	5,9 %	3 % env.
3.....	54	9	43	7,6
4.....	140-150	0	traces	47

CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS OBTENUS (températures corrigées). — 1° *Oxyde de cyclohexyle et d'ortho-crésyle*, liquide incolore, entraînable à la vapeur; E_{14}^{19} 135-137; d_4^{19} 0,988; n_D^{19} 1,520; R.M. trouvée 58,45; théorique 58,08.

2° *Oxyde de cyclohexyle et de paracrésyle*, liquide incolore, E_{15}^{15} 143-144°,5; d_4^{25} 0,988; n_D^{25} 1,515; R.M. trouvée 57,99; théorique 58,08.

3° *Monocyclohexyl-para-crésol*, probablement *ortho-cyclohexyl-para-crésol*. Liquide incolore, visqueux, cristallisant à la longue en fines aiguilles; E_{763}^{763} 295-297°; F 31,5-32° 5; taux d'acétylation pyridinique 97,9 %.

4° *Monocyclohexyl-ortho-crésols*. On obtient un mélange d'isomères, liquide visqueux, cristallisant rapidement. E_{756}^{756} 291-304°; taux d'acétylation 99,4 %.

Nous avons pu, en partant d'une assez grande quantité de ce mélange, caractériser, après une série de fractionnements suivis de cristallisation dans l'éther de pétrole, les deux isomères constituant le mélange (il y en a 4 possibles).

Isomère I, F 66-67°. Condensé avec l'anhydride phtalique, il donne une phtaléine soluble dans les bases en bleu violacé. Comme BF₃ oriente généralement les substitutions en *ortho* et en *para* par rapport à un OH, cet isomère est probablement le cyclohexyl-6 méthyl-2 phénol. Nous n'avons pu trouver de références bibliographiques sur ce corps.

Isomère II, F 78-78°,5. Pas de phtaléine; il s'agit donc du *para-cyclohexyl-ortho-crésol*. (cyclohexyl-4 méthyl-2 phénol). Le point de fusion coïncide avec celui qu'indique un brevet (3), seule référence bibliographique que nous ayons trouvée.

La proportion de l'isomère I dans le mélange est 2 à 3 fois supérieure à celle de l'isomère II.

CHIMIE ORGANIQUE. — Activation du nickel de Raney par la soude.

Note de M. MARCÉL PATY, présentée par Marcel Delépine.

MM. Delépine et Horeau (1) avaient indiqué que l'hydrogénation des aldéhydes et des cétones était facilitée par l'addition de faibles quantités de soude à du nickel de Raney préalablement platiné ou non. J'avais moi-même signalé (2) que la vitesse d'hydrogénation du nitrile bromo-5 méthoxy-2 phénylacétique était accrue par la présence de soude (mais alors l'hydrogénation de la liaison $C \equiv N$ est accompagnée de déshalogénéation).

(3) Brevet américain 1 917 823, 1931; *Chem. Zentr.*, 2, 1933 p. 2194.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 4, 1937, p. 31.

(2) *Thèse de Sciences*, Paris, 1940, p. 71.

Recherchant si cette activation était générale, j'ai étudié l'influence de l'addition de soude au nickel de Raney dans l'hydrogénation des composés suivants : 1° un nitrile, le cyanure de benzyle, $C^6H^5-CH^2-C\equiv N$; 2° le triméthyléthylène, $CH^3.C(CH^3)=CH.CH^3$; 3° l'anéthol, $CH^3O.C^6H^4.CH:CH.CH^3$, ces deux derniers ayant une fonction éthylénique; et 4° un carbure acétylénique, l'heptine vrai, $CH^3.(CH^2)^4.C\equiv CH$.

Les courbes représentant les variations de la vitesse d'absorption de l'hydrogène en cm^3/min en fonction des volumes absorbés en centimètres cubes sont tracées ci-dessous (il n'a pas été tracé de courbe pour le triméthyléthylène, mais l'hydrogénation de 1/50 de molécule de ce corps, dissous dans 100 cm^3 d'alcool à 95° et en présence de 6^s de nickel, demande 2 heures 13 minutes sans soude, et seulement 1 heure 16 minutes après addition de 0^s,6 de base).

Sur ces courbes, on a indiqué le temps nécessaire à l'absorption de 2 cm^3 , 100 d'hydrogène.

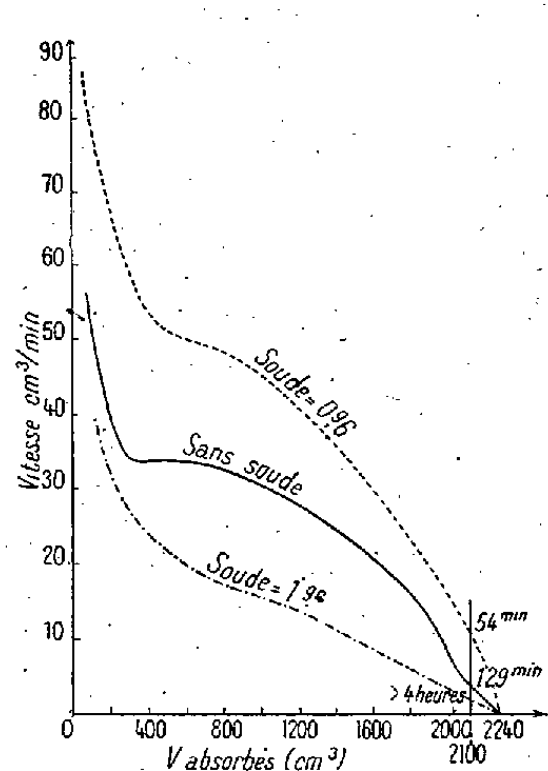


Fig. 1. — $C^6H^5-CH^2-C\equiv N$
nitrile, 1/20 molécule;
alcool à 95°, 100 cm^3 ;
nickel de Raney, 6 g.

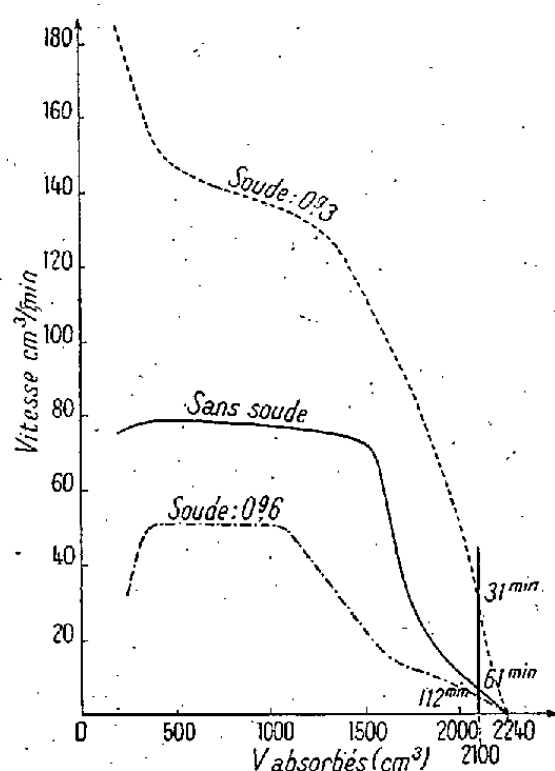


Fig. 2. — $C^6H^4\begin{matrix} \text{OCH}^3 \\ \text{CH}=\text{CH}-\text{CH}^3 \end{matrix}$ (1)
anéthol, 1/10 molécule;
alcool à 95°, 100 cm^3 ;
nickel de Raney, 6 g.

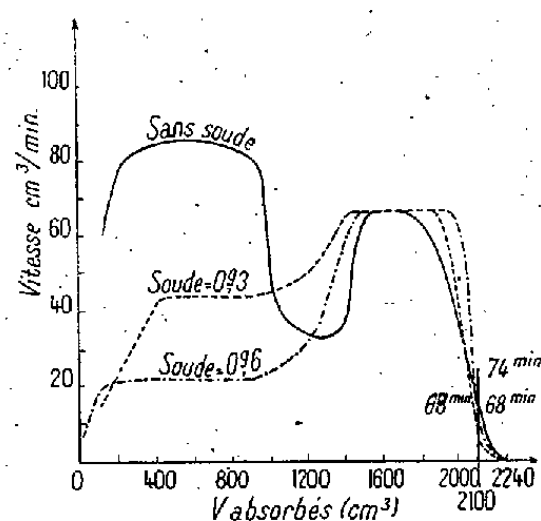


Fig. 3. — $CH^3-(CH^2)^4-C\equiv CH$
heptine, 1/20 molécule;
alcool à 95°, 100 cm^3 ;
nickel de Raney, 6 g.

De l'examen de ces courbes, il ressort que :

1° Pour le cyanure de benzyle, ainsi que pour les composés éthyléniques, la vitesse d'hydrogénation est fortement accrue par addition d'une faible quantité de soude. Mais, si l'on dépasse une certaine proportion de base, la fixation d'hydrogène est au contraire ralentie.

2° Pour l'heptine les résultats sont tout différents : sans soude, la courbe présente deux maxima, allure déjà signalée par G. Dupont (3); l'addition de soude a pour effet de supprimer le premier maximum et de le remplacer par

(3) Bull. Soc. Chim., 5^e série, 3, 1936, p. 1030.

un palier d'autant plus long et d'autant moins élevé que la proportion de base est plus forte. L'explication de ce fait inattendu est l'objet de recherches en cours.

Delépine et Horeau expliquaient le rôle activateur de la soude dans le cas des aldéhydes et des cétones par la formation d'un composé d'addition, $\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix} > C < \begin{matrix} ONa \\ OH \end{matrix}$, dont l'hydrogénolyse serait très facile, en raison de la grande mobilité du groupement $-ONa$. En fin d'opération on devrait donc retrouver la base à l'état libre.

La formation d'un tel complexe est plus difficile à admettre dans le cas des nitriles et des éthyléniques, et expliquerait difficilement le ralentissement de la fixation d'hydrogène au delà d'une certaine proportion d'alcali. De plus on ne retrouve pas de soude libre à la fin de l'opération (pour l'anéthol, si la soude est ajoutée en présence de phénol-phtaléine, la coloration violette disparaît rapidement et ne réapparaît que par chauffage).

On est donc conduit à admettre que la petite quantité de soude ajoutée détruit une petite portion de l'alliage Al-Ni restant inattaqué⁽⁴⁾ ou dissout une fraction de l'oxyde d'aluminium qui subsiste dans tout nickel de Raney⁽⁵⁾; l'aluminate ainsi produit intervient pour modifier l'activité du catalyseur.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'éthanolysé de l'huile de lin polymérisée thermiquement.* Note de M. JEAN PETIT, présentée par M. Louis Hackspill.

Les résultats de la polymérisation thermique de l'huile de lin ont été expliqués⁽¹⁾ par l'étude des produits de saponification de l'huile traitée. Il est possible de recouper et de compléter ces observations par l'étude des esters éthyliques obtenus par éthanolysé de l'huile polymérisée.

La technique employée est celle de Haller⁽²⁾, légèrement modifiée quant à la concentration de l'acide chlorhydrique et au temps de contact.

L'huile polymérisée est traitée, pendant 30 heures à ébullition tranquille, par environ cinq fois son poids d'une solution à 3 % d'acide chlorhydrique dans l'alcool éthylique à 96°. Dans ces conditions l'éthanolysé est complète, même pour des produits entièrement gélifiés.

Par distillation sous pression réduite ou par entraînement à la vapeur surchauffée des esters ainsi obtenus, on sépare deux portions bien distinctes :

a. une fraction distillable (E_b 185-187°), analogue aux esters d'éthanolysé de l'huile crue;

(4) AUBRY, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 5, 1938, p. 1333; 4, 1937, p. 1101; RAYMOND PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 7, 1940, pp. 300 et 302.

(5) G. DUPONT et PIGANOL, *Bull. Soc. Chim.*, 5^e série, 6, 1939, p. 322.

(1) G. CHAMPETIER et J. PETIT, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 748.

(2) *Ibid.*, 146, 1908, p. 259.

b. une fraction indistillable, visqueuse, qui n'est pas observable dans le cas de l'huile crue.

Cette dernière fraction peut atteindre 65 % de la totalité des esters pour une huile gélifiée.

L'étude de ces corps indistillables conduit aux conclusions suivantes :

1° Il s'agit de diesters éthyliques. Ces corps ont un indice de saponification moyen de 181. Il est possible de mettre en évidence l'alcool éthylique provenant de cette saponification. Les acides obtenus sont très visqueux et indistillables.

Par cryoscopie dans le benzène, les valeurs extrêmes des poids moléculaires trouvés pour divers échantillons des esters sont 587 et 612. Il s'agit donc de molécules dimères provenant de la soudure de deux radicaux polyéniques.

2° La composition centésimale de ces diesters est sensiblement la même que celle des esters monomères :

	C.	H.	O.
Trouvé %.....	77,6	11,9	10,5
Calculé % { stéarate d'éthyle.....	76,92	12,82	10,25
linoléate d'éthyle.....	78,43	11,11	10,45

3° Il est possible de transformer les diesters indistillables en hydrocarbures distillables.

Cette technique a déjà été employée par Barbot ⁽³⁾ pour l'étude des produits de condensation de l'huile de ricin.

Le traitement de ces diesters par le bromure d'éthylmagnésium fournit des alcools tertiaires qui se déshydratent par simple distillation. Les carbures ainsi obtenus distillent entre 275° et 305° sous 3^{mm} de Hg sans laisser aucun résidu. Leur poids moléculaire est de 607, ce qui confirme celui des diesters.

Il est donc possible d'affirmer que la polymérisation thermique de l'huile de lin s'effectue, par l'intermédiaire des radicaux acides polyéniques de l'huile crue, qui subissent une dimérisation, tout en restant combinés au radical glycéryl. Cette réaction explique la formation d'un réseau macromoléculaire tridimensionnel.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Action de l'eau et de solutions potassiques agissant, sous pression, sur les différentes formes de silice.* Note de M. JEAN WYART, présentée par M. Charles Mauguin.

L'action de l'eau sur les différentes formes de silice présente un intérêt minéralogique considérable. Aussi a-t-elle été l'objet de nombreux travaux.

(³) *Thèse Doctorat ès Sciences, Paris, 1937.*

Certains ⁽¹⁾ concernent la solubilité aux températures élevées; les autres ⁽²⁾ sont relatifs aux différentes formes cristallines qui apparaissent au cours de cette action.

C'est ce point de vue du polymorphisme auquel je me suis attaché dans de nombreuses expériences que cette Note résume, conduites systématiquement, dans des conditions thermodynamiques définies.

Dans un autoclave en acier, muni d'un manomètre, contenant de l'eau distillée, est suspendu le tube laboratoire renfermant le liquide (eau distillée ou solution) et la silice disposée de telle sorte que celle-ci peut être soumise à volonté soit à l'action du liquide, soit à celle de la vapeur. Le chauffage électrique est muni d'un régulateur tel que la température demeure constante à 2° près dans le cours d'une expérience, dont la durée n'a jamais été inférieure à 20 heures.

Les produits obtenus à partir d'une silice vitreuse provenant de quartz fondu, d'indice n_D 1,458 et d'une tridymite synthétique, sont identifiés par leurs propriétés optiques (indice de réfraction, biréfringence) et leurs spectres de rayons X.

Action de l'eau distillée. — Sur la silice vitreuse l'eau distillée liquide ou sa vapeur, agissant pendant 30 heures environ, demeure sans action tant que la température reste inférieure à la température critique 374°, à laquelle correspond la pression de 220 kg/cm².

Dès que la température dépasse 374°, la silice vitreuse se transforme en *cristobalite*. Jamais je n'ai pu, par la seule action de l'eau à des températures ne dépassant pas 400°, observer la transformation de cette cristobalite en quartz, qui est pourtant la forme stable de la silice dans ce domaine de température.

Il n'en est pas de même avec la *tridymite*. Celle-ci, finement pulvérisée, soumise à l'action de l'eau, un peu au-dessus de la température critique de 374°, se transforme rapidement en un quartz bien cristallisé.

Action de solutions potassiques. — La silice vitreuse, plongée dans une solution renfermant 0^m01 de KOH par litre, est attaquée à la température relativement basse de 335°, la pression étant 140 kg/cm², et donne la *cristobalite* bien cristallisée. En élevant un peu la température, à 340°, avec une pression de 150 kg/cm², cette cristobalite se transforme déjà en quartz. Le microscope et les rayons X décèlent le mélange de cristobalite et de quartz. Mais la cristallisation en quartz est rapide et totale quand la solution liquide agit au-dessus de cette température de 340°, qui est notablement inférieure à la température critique de l'eau.

⁽¹⁾ GRUNER, *Écon. Géol.*, 25, 1930, pp. 697-719 et 837-867; HITCHEN, *Trans. Inst. Min. Mét.*, 1935, 44^e session, pp. 255-336; VAN NIEUWENBURG et H. B. BLUMENDAL, *Réc. Trav. Chim. Pays-Bas*, 53, 1934, p. 476.

⁽²⁾ R. WEIL, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 423; A. MICHEL-LÉVY et J. WYART, *ibid.*, 207, 1939, p. 1594; 210, 1940, p. 733.

On obtient des résultats différents si, sur la silice vitreuse, agit la vapeur de la même solution potassique.

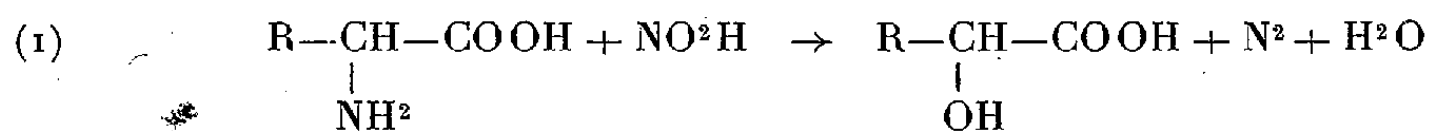
Tant que la température reste inférieure à la température critique de l'eau, la silice reste vitreuse, exactement comme si agissait, sur cette silice, la vapeur d'eau distillée. Il en est autrement dès que l'on atteint la température critique de 374°. La vapeur contient alors en dissolution de la potasse; car elle attaque plus énergiquement la silice que la vapeur d'eau distillée à la même température. Le verre de silice donne très vite la cristobalite, qui se transforme elle-même en quartz; de sorte que, si l'expérience se prolonge au delà d'une vingtaine d'heures, toute la silice devient du quartz bien cristallisé.

Ainsi toutes ces expériences ont montré ce fait remarquable que le verre de silice, en cristallisant sous l'action de l'eau, agissant au-dessous de 450°, donne toujours la cristobalite qui est la forme stable de la silice au-dessus de 1470°. Si celle-ci se transforme, elle donne le quartz dans le domaine de température exploré, sans passer par l'état intermédiaire entre la cristobalite et le quartz, celui de la tridymite. D'ailleurs, dans des conditions où la cristobalite demeure inaltérée, la tridymite cristallise facilement en quartz. Il y a donc analogie plus étroite entre le verre de silice et la cristobalite d'une part, la tridymite et le quartz d'autre part.

Des résultats précédents on peut aussi souligner le fait que la potasse des solutions faiblement potassiques ne se dissout notablement dans la vapeur d'eau qu'au-dessus de la température critique de l'eau.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide nitreux sur le glycoçolle et sur les polypeptides du glycoçolle.* Note de M. MAX VISCONTINI, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait depuis les travaux de Socoloff et A. Strecker (1) que le glycoçolle donne de l'acide glycolique sous l'action de l'acide nitreux. Cette réaction entre dans le cadre général des réactions de désamination



qui permettent le dosage des acides aminés par la méthode de van Slyke (2).

Des recherches entreprises sur le glycoçolle et ses polypeptides me permettent de conclure, d'une part, que les réactions ne sont pas toujours aussi simples et, d'autre part, que les résultats obtenus diffèrent notablement les uns des autres suivant les conditions expérimentales.

1° *Étude du glycoçolle* $\text{NH}^2-\text{CH}^2-\text{COOH}$. — Comme l'avait vu Van Slyke, l'oxydation du glycoçolle par l'acide nitreux fournit toujours du CO^2 en grande

(1) *Ann. der Chem.*, 80, 1851, p. 17.

(2) *Journ. of Biol. Chem.*, 9, 1911, p. 185.

quantité. Corrélativement la quantité d'azote dégagée est plus grande que ne le voudrait l'équation (1) et atteint par exemple 140 % de la quantité théorique lorsqu'on fait agir 3^s,085 de nitrite de sodium ($0^{\text{mol}},045$) et 12^{cm³},6 d'acide acétique ($0^{\text{mol}},046$) sur une solution de 0^s,308 de glycocolle ($0^{\text{mol}},0041$).

La quantité d'acide glycolique isolée sous forme de sel de calcium ne représente que 20 % de la quantité théorique. Il faut mentionner pourtant qu'une expérience témoin effectuée sur de l'acide glycolique ne permet d'en retrouver que 25 % sous forme de glycolate de calcium après l'action de l'acide nitreux.

2° *Étude de la glycylglycine* $\text{NH}^2\text{—CH}^2\text{—CO—NH—CH}^2\text{—COOH}$. — Dans ce cas l'action oxydante de l'acide nitreux va très loin. Le CO^2 est toujours présent dans les produits de décomposition, et la quantité d'azote dégagée atteint par exemple 162 % de la quantité théorique quand on fait agir 1^s,532 de nitrite de sodium ($0^{\text{mol}},022$) et 1^{cm³},3 ($0^{\text{mol}},023$) d'acide acétique sur une solution de 0^s,300 de chlorhydrate de glycylglycine ($0^{\text{mol}},0018$).

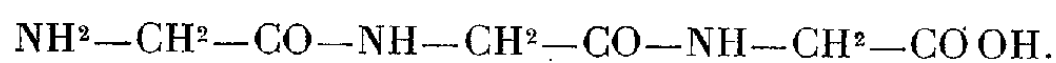
On arrive à isoler l'acide alcool $\text{CH}^2\text{OH—CO—NH—CH}^2\text{—COOH}$, amide glycolique du glycocolle, sous forme d'un sel de calcium insoluble dans l'alcool, avec un rendement qui a atteint 18 % dans le cas le plus favorable que j'ai étudié (1^s de glycylglycine, 6^s de nitrite de sodium, 5^{cm³},2 d'acide acétique). Mais, à côté de cet acide alcool, j'ai eu la surprise de rencontrer le diacide correspondant, l'oxalyglycine, $\text{COOH—CO—NH—CH}^2\text{—COOH}$, avec un rendement de l'ordre de 40 %.

Cet acide, qui n'a pas encore été décrit, est un liquide extrêmement sirupeux, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Son sel de sodium est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther; il cristallise dans l'alcool sous forme de petits sphérocristaux, ce qui permet de l'obtenir extrêmement pur.

		C.	H.	N.	Na.
Analyse élémentaire	trouvé %	24,25	2,00	7,30	23,00
	calculé %	25,13	1,57	7,33	24,08

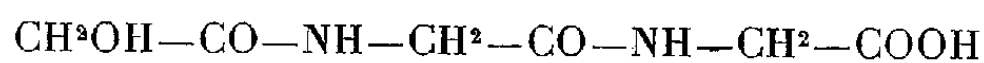
Par hydrolyse acide, il donne du glycocolle et de l'acide oxalique.

3° *Étude de la diglycylglycine*



Les résultats sont analogues avec le tripeptide du glycocolle. L'acide nitreux l'oxyde fortement; le CO^2 est encore présent dans les produits de décomposition et la quantité d'azote dégagée atteint 161 % de la quantité théorique lorsqu'on fait agir 1^s,500 de nitrite de sodium ($0^{\text{mol}},022$) et 1^{cm³},3 d'acide acétique ($0^{\text{mol}},023$) sur une solution de 0^s,586 de diglycylglycine ($0^{\text{mol}},0031$).

L'acide alcool correspondant



ne se retrouve plus qu'à l'état de traces; par contre il existe une forte proportion du diacide $\text{COOH—CO—NH—CH}^2\text{—CO—NH—CH}^2\text{—COOH}$ ou

oxalylglycylglycine, qui possède les mêmes propriétés que l'oxalylglycine. Le rendement a été voisin de 70 % dans certaines expériences.

On voit que l'acide nitreux oxyde plus énergiquement le glycoColle et les peptides du glycoColle que ne l'indique la réaction théorique. La quantité d'azote dégagée au cours de cette oxydation est donc supérieure aux deux volumes de l'azote aminé indiqués dans l'équation (1). Ceci est très général, et je signale en particulier que la lysine fournit facilement 135 % du volume d'azote théorique. Il faut voir là une des causes d'erreurs si souvent signalées dans le dosage des acides aminés suivant le procédé de van Slyke.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation directe d'urée à partir de l'édestine et sur l'état des groupements guanidiques de l'arginine dans les protéines.*

Note de MM. JEAN ROCHE et MARCEL MOURGUE, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet, à la suite de travaux portant presque tous sur les protamines (Kossel), que les groupements guanidiques de l'arginine sont libres dans les protéines. Toutefois la réaction colorée de Sakaguchi (1), caractéristique du radical $\text{HN}=\text{C}(\text{NH}^2)\text{NH}-\text{R}$, augmente d'intensité au cours de l'hydrolyse de celles-ci, comme si une partie des groupements guanidiques de l'arginine était alors libérée de combinaisons intramoléculaires (Roche et Blanc-Jean) (2). Aussi avons-nous pensé qu'il y avait lieu de préciser par de nouvelles recherches l'état de ces groupements dans les protéines. Pour cela, après avoir déterminé les conditions dans lesquelles l'hydrolyse alcaline de l'arginine libère de l'urée selon l'équation : $\text{arginine} + \text{eau} = \text{urée} + \text{ornithine}$ (Kossel et Dakin), nous avons étudié la formation du même corps à partir de l'édestine et des produits de son hydrolyse partielle ou totale (3). Nous pouvions espérer déceler ainsi l'existence dans l'édestine de groupements guanidiques combinés en comparant les modalités de la formation de l'urée aux dépens de la protéine et de ses hydrolysats.

L'expérience a montré que des solutions d'arginine (0,2 à 0,5 %) additionnées de leur volume d'eau de baryte saturée à 50° et portées au bain-marie bouillant donnent naissance à de l'urée avec un rendement de 80 à 90 % en 1 heure environ, l'urée formée s'hydrolysant par la suite. Cette dernière réaction est toutefois assez lente pour que les courbes traduisant la teneur en urée des milieux en fonction du temps d'action de la baryte permettent de suivre sans difficulté la décomposition de l'arginine. Ceci étant, nous avons

(1) *Journ. of Biochem.*, 5, 1925, p. 25.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol. (Trav.)*, 23, 1941, p. 1006.

(3) La formation d'urée par action des bases minérales sur les protéines a déjà été signalée par A. Kossel et F. Weiss (*Zeits. f. physiol. Chem.*, 59, 1909, p. 492), et par R. Fosse (*L'Urée*, 303 pages, Paris, 1928, pp. 77-78).

traité au bain-marie bouillant des solutions d'édestine (2 à 5 ‰) et les produits neutralisés de leur hydrolyse sulfurique partielle ($\text{SO}^4\text{H}^2\text{N}$, 8 heures) au bain de sable ⁽⁴⁾ ou totale ($\text{SO}^4\text{H}^2\text{N}$, 30 heures) par l'eau de baryte saturée à 50° ajoutée volume à volume, et dosé l'urée présente à des temps successifs de l'expérience ⁽⁵⁾. On trouvera dans le tableau ci-dessous un exemple des résultats obtenus, les rendements en urée % de la théorie étant calculés sur la base d'une teneur en arginine de l'édestine égale à 14,6 %.

Rendement en urée de l'hydrolyse barytique de l'arginine, de l'édestine et des produits de son hydrolyse partielle ($\text{SO}^4\text{H}^2\text{N}$, 8 heures) ou totale ($\text{SO}^4\text{H}^2\text{N}$, 30 heures) et action de la baryte sur l'urée à 100°.

Produit étudié.		Rendement en urée % de la théorie et temps d'action de la baryte.						
Arginine	temps.....	30 mn.	1 h.	1 h. 15	1 h. 30	2 h.	2 h. 30	3 h.
	urée formée.....	65,6	80,3	79,9	78,9	74,1	69,1	58,9
Edestine non hydrol.	temps.....	30 mn.	1 h.	1 h. 15	2 h.	2 h. 30	3 h.	3 h. 30
	urée formée.....	55,1	71,2	75,2	75,6	74,6	67,5	56,0
Edestine part. hydrol.	temps.....	30 mn.	1 h.	1 h. 30	2 h.	2 h. 30	3 h.	3 h. 30
	urée formée.....	72,4	86,3	89,7	83,6	76,4	71,1	64,7
Edestine tot. hydrol.	temps.....	30 mn.	1 h.	1 h. 15	2 h.	2 h. 30	3 h.	3 h. 30
	urée formée.....	74,4	88,1	85,4	81,9	78,9	76,1	71,1
Urée (témoin)	temps.....	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	
	urée détruite.....	18,0	22,6	30,6	31,6	32,8	35,0	

L'examen de ce tableau montre que, dans les conditions où nous nous sommes placés, les groupements guanidiques de l'édestine et de ses produits d'hydrolyse donnent naissance à des quantités importantes d'urée. Toutefois, le rendement de la réaction uréoformatrice est plus élevé dans les produits de l'hydrolyse totale ou partielle de l'édestine que dans les solutions de cette protéine. *La mise en liberté de l'urée est moins rapide et notablement plus faible à partir de la protéine que de ses produits d'hydrolyse, la dégradation partielle de l'édestine ($\text{SO}^4\text{H}^2\text{N}$, 8 heures) ayant à cet égard le même effet que la libération totale de l'arginine, réalisée seulement en fin d'hydrolyse (Dauphinée et Hunter).*

Ces faits peuvent être interprétés de deux manières. Ou bien la totalité des groupements guanidiques de l'arginine est *libre* dans l'édestine. Leur décomposition par la baryte est plus difficile dans la protéine que dans l'acide aminé, en raison de la participation de celui-ci à des chaînes polypeptidiques complexes par ses groupements $-\text{COOH}$ et $-\text{NH}^2$; il suffirait alors que l'hydrolyse acide de la protéine ait particulièrement dégradé ces chaînes pour que la formation

⁽⁴⁾ A ce degré d'hydrolyse l'intensité de la réaction de Sakaguchi passe par un maximum; elle diminue par la suite jusqu'à une valeur constante, correspondant à la quantité totale d'arginine présente.

⁽⁵⁾ L'urée a été dosée par la méthode chromométrique de Thivolle et Sonntag [*Bull. Soc. Chim. biol. (Trav.)*, 23, 1041, p. 1302].

de l'urée s'opère identiquement à partir des produits de dégradation de l'édestine et de l'arginine. Ou bien certains groupements guanidiques de l'édestine sont *combinés* (liaison guanidopeptidique) et ne peuvent, de ce fait, donner naissance à de l'urée qu'après rupture des liaisons dans lesquelles ils sont engagés. Ces groupements guanidiques non générateurs d'urée échapperaient alors à l'action de la baryte dans l'édestine, tandis qu'ils subiraient celle-ci dans les produits de l'hydrolyse acide partielle de la protéine au même titre que dans l'arginine.

Les résultats rassemblés dans le tableau ci-dessus ne permettent pas à eux seuls de choisir de manière formelle entre ces deux interprétations. Mais, comme nous avons observé par ailleurs que la réaction de Sakaguchi, négative après action de l'hypobromite de sodium sur l'édestine, redevient positive lorsque la protéine est ensuite hydrolysée par les acides minéraux, la seconde hypothèse nous semble la plus satisfaisante. Aussi l'existence dans l'édestine, et hypothétiquement dans d'autres protéines, de groupements guanidiques *combinés* appartenant à l'arginine doit-elle être considérée comme probable.

A 16^h 15^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Lucien Cayeux* :

<i>En première ligne.....</i>	M. PAUL FALLOT.
<i>En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique.....</i>	MM. LÉON BERTRAND.
	ANDRÉ DEMAY.
	JEAN ORCEL.
	JEAN PIVETEAU.
	JEAN WYART.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUIN 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE GAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LÉON GUILLÉT indique qu'il est saisi d'une protestation énergique d'anciens Élèves de l'École Centrale relative à l'émission des billets de 300 francs. Ces billets ne rentrent pas dans le système métrique.

M. ALBERT PÉRARD appuie la protestation qui vient d'être faite.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Balsaminacées. Développement de l'embryon chez l'Impatiens Balfourii Hook.* Note de M. RENÉ SOUÈGES.

On ne peut manquer d'être surpris de la confusion qui règne dans la répartition des familles au sein des trois ou quatre alliances que l'on distingue chez les Dialypétales-Disciflores. Pour ce qui est des Balsaminacées, par exemple, les uns les classent parmi les Géraniales ou Gruinales, à côté des Tropéolacées, qui leur sont incontestablement fort voisines, les autres les séparant des Tropéolacées, les rangent parmi les Térébinthales ou parmi les Sapindales, deux groupements que certains confondent dans une même alliance. D'après K. Schnarf⁽¹⁾, dans cette vaste alliance, que l'on appellera les Térébinthales *sensu lato*, les rapports embryologiques des familles composantes présenteraient, en général, une certaine homogénéité; seules les Balsaminacées manifesteraient des caractères un peu différents et viendraient ainsi se placer en quelque sorte hors série. Mais, dans la détermination de ces rapports, n'ont été pris en considération que des caractères tirés du développement de l'anthère, du sac embryonnaire et de l'albumen; d'autre part un très petit nombre d'espèces a été jusqu'ici envisagé. Les données très précises que peuvent fournir les lois embryogéniques ne sont en aucun cas intervenues.

A la première paroi transversale de segmentation (*fig. 1*) succèdent, dans la cellule apicale, une cloison nettement verticale et, dans la cellule basale, une nouvelle paroi transversale. Il se constitue de la sorte une tétrade en T comportant deux cellules supérieures

(1) K. SCHNARF, *Vergleichende Embryologie der Angiospermen*, Berlin, 1931, p. 146.
C. R., 1945, 1^{er} Semestre. (T. 220, N° 24.)

juxtaposées et deux cellules inférieures superposées (*fig. 2*). Dans les deux cellules supérieures s'établissent d'autres parois nettement verticales, normales à la précédente, séparant quatre quadrants rangés dans un même plan horizontal (*fig. 3*). Pendant ce temps

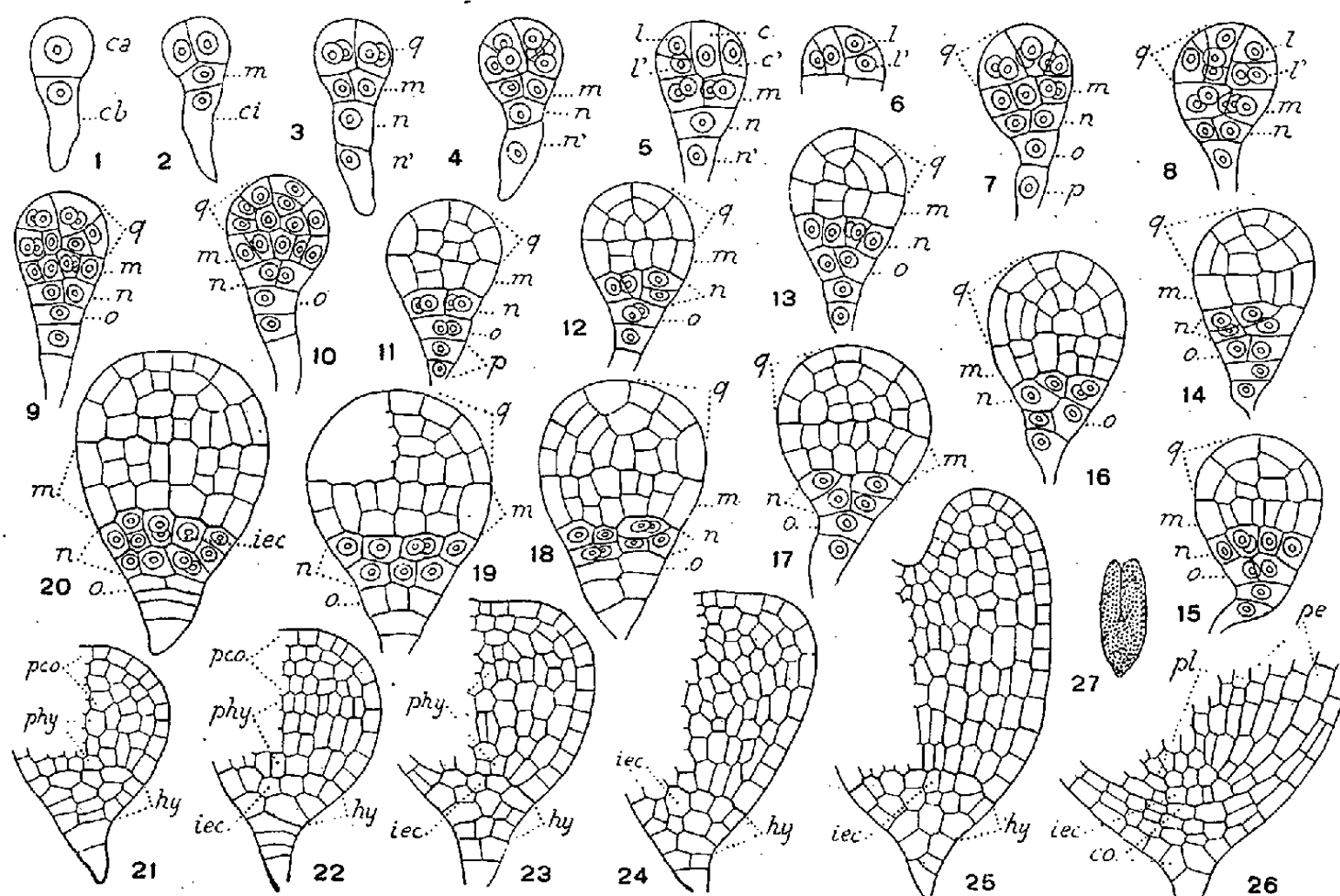


Fig. 1 à 27. — *Impatiens Balfourii* Hook. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou partie hypocotylée (*phy*); *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou hypophyse (*hy*); *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *q*, quadrants ou partie cotylée (*pco*); *l*, *l'*, *c*, *c'*, cellules-filles des quadrants; *o* et *p*, cellules-filles de *n'* formant l'extrémité de la coiffe et un court suspenseur; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pe*, périlème; *pl*, plérôme; *co*, coiffe. En 27, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 26. G. = 280; 20 pour la figure 27.

les deux cellules inférieures superposées se divisent à leur tour, *m* verticalement et *ci* transversalement, de sorte que, au terme de ces bipartitions, apparaît un proembryon octocellulaire divisé en quatre étages.

Les quadrants ne se cloisonnent pas tous de la même manière. En règle générale, on observe, à cet égard, certaines analogies avec ce qui a déjà été remarqué chez le *Geranium molle* ⁽²⁾ et chez le *Polygala vulgaris* ⁽³⁾. Deux d'entre eux, par exemple l'antérieur gauche et le postérieur droit (*fig. 5* et *6*), se segmentent à peu près transversalement pour donner deux éléments superposés *l* et *l'*, tout à fait comparables à des octants, tandis que les deux autres se partagent par des parois à peu près verticales, parallèles aux cloisons méridiennes, pour engendrer deux cellules juxtaposées, l'une, voisine de l'axe, *c*, d'apparence quadrangulaire; l'autre, périphérique, *c'*, d'apparence triangulaire. Bien qu'il soit difficile de déterminer exactement comment procède la segmentation aux stades suivants, on peut dire que les cellules *l*, filles de deux quadrants opposés, avec le concours d'éléments produits, vers le sommet, par les cellules *c*, filles des deux autres quadrants, donnent

⁽²⁾ R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 556.

⁽³⁾ P. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 446.

naissance à un groupe épiphysaire, qui se détache nettement, d'une manière plus ou moins symétrique, à la partie supérieure du corps embryonnaire (*fig.* 9, 12, 14, 15). Tous les autres éléments originaires des quadrants, placés au-dessous du groupe épiphysaire, concourent à la construction de la partie cotylée *sensu stricto*; à leurs dépens se développent latéralement les deux cotylédons et, au voisinage de l'axe, selon toute apparence, les initiales du cylindre central de la tige.

Les deux éléments juxtaposés, en *m*, dans le proembryon octocellulaire (*fig.* 3) produisent la partie hypocotylée. Ils se divisent d'abord longitudinalement pour donner quatre cellules cicumaxiales (*fig.* 5, 8), qui se cloisonnent ensuite verticalement (*fig.* 7, 9, 10) et transversalement (*fig.* 11, 12, 16 à 19) pour engendrer deux assises cellulaires; celles-ci se multiplient plus tard, comme le montrent les figures 19 et 20, pour donner un groupe cellulaire qui bientôt ne se distingue plus du groupe cellulaire représentant la partie cotylée (*fig.* 21 à 25).

L'élément *n* du proembryon octocellulaire (*fig.* 3) engendre une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce au sommet de la racine et du primordium de la coiffe. Il se segmente par cloisons méridiennes en quatre cellules cicumaxiales (*fig.* 7 à 11), qui, se comportent très diversement dans leurs processus ultérieurs de division: tantôt elles se cloisonnent verticalement (*fig.* 12 à g., 13, 15), tantôt horizontalement (*fig.* 12 à d., 14 à g., 17 à d.), tantôt enfin obliquement. Dans ce dernier cas les parois peuvent être périclinales, s'insérer sur les parois horizontales des cellules voisines de la partie hypocotylée et sur les cloisons méridiennes de l'étage *n* (*fig.* 14 à d., 16 à g.) et, alors, les cellules intérieures ainsi séparées peuvent être considérées comme les toutes premières initiales de l'écorce; elles peuvent aussi être franchement anticlines (*fig.* 17 à g.) et, dans ce cas, les initiales de l'écorce ne s'individualisent qu'après les segmentations ultérieures (*fig.* 18 à 20).

L'élément *n'* (*fig.* 3) produit, par division transversale, deux cellules superposées *o* et *p* (*fig.* 7). La cellule *o* participe à la construction de la partie culminante de la coiffe, la cellule *p* engendrant un suspenseur qui, aux premiers stades, se présente sous la forme d'un tube plus ou moins allongé, mais qui, plus tard, se résorbe et disparaît à peu près complètement.

Il paraît assez difficile de relever des différences de quelque importance entre l'*Impatiens Balfourii* et le *Polygala vulgaris*, relativement aux lois qui président au développement de l'embryon. Dans les deux cas le proembryon octocellulaire s'édifie de la même manière et les quatre étages dont il est composé présentent des destinées identiques; dans les deux cas également, la marche de la segmentation dans les premiers blastomères, spécialement dans les quadrants, offre les plus étroites analogies. Les deux espèces s'apparentent au type embryonomique du *Geum urbanum* (*) par la formation d'une hypophyse véritable aux dépens du blastomère *n*, mais elles s'en distinguent essentiellement par la disposition horizontale des quadrants. Par ce dernier caractère, qui découle nécessairement de la position verticale de la cloison séparant les deux cellules supérieures juxtaposées de la tétrade, les deux espèces se rattachent au type embryonomique du *Senecio vulgaris* (°), dont elles se séparent néanmoins par

(*) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 174, 1922, pp. 1070 et 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645.

(°) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 171, 1920, pp. 254 et 356.

les destinées de l'étage *n*. Celui-ci, chez le *Senecio*, au lieu de produire une hypophyse véritable, donne seulement naissance aux initiales de l'écorce de la racine. Pour rester fidèle aux principes de la classification embryogénique, d'après lesquels on tient tout d'abord compte de la forme de la tétrade, c'est à l'archétype du *Senecio* qu'il convient de rapporter, en dernière analyse, à titre de sous-archétypes faisant passage à l'archétype du *Geum*, les embryons du *Polygala* et de l'*Impatiens*.

On peut finalement faire remarquer que les deux archétypes du *Senecio* et du *Geum* sont ceux auxquels ont pu être rattachées la plupart des espèces déjà étudiées parmi les Disciflores : par exemple l'*Oxalis corniculata*, l'*Erodium cicutarium*, les Rhamnacées, le *Ruta graveolens*, pour certaines de ses formes, soit, en ajoutant à cette liste le *Polygala vulgaris* et l'*Impatiens Balfourii*, des représentants de six familles nettement distinctes.

PHYSIOLOGIE. — *Influence défatigante de l'inhalation des mélanges riches en oxygène*. Note de MM. LÉON BINET, DANIEL BARGETON et CLAUDE LAROCHE.

Deux d'entre nous ont étudié ⁽¹⁾ l'influence de l'inhalation de mélanges gazeux riches en oxygène sur la capacité de travail et la fatigue du muscle gastrocnémien stimulé électriquement chez le Rat anesthésié à l'éther. Dans ces conditions l'action défatigante de l'oxygène, inhalé à une concentration plus élevée que dans l'air atmosphérique se manifeste nettement chez le Rat intact; elle est encore plus marquée chez le Rat surrénalectomisé et parvenu à un degré suffisant, mais non trop avancé d'insuffisance surrénale.

Nous avons repris cette étude en explorant l'influence de l'inhalation de mélanges riches en oxygène non sur le travail d'un seul muscle, mais sur la performance générale de l'organisme au cours d'un exercice mettant en jeu un grand nombre de muscles.

La technique employée a été celle que nous avons décrite sous le nom d'*épreuve de course à vitesse forcée*. Le Rat en expérience est contraint de courir dans un tambour tournant entraîné par un moteur à vitesse réglable. On ajuste à chaque instant la vitesse de rotation du tambour de manière à forcer l'animal à courir constamment à la vitesse maximum qu'il est capable de fournir, ralentissant lorsqu'il se laisse entraîner, accélérant lorsqu'il tend à gagner le point déclive.

Le tambour est étanche et deux tubulures permettent, en cours de rotation, de balayer l'atmosphère qu'il contient et de la remplacer par un mélange gazeux contenu dans un spiromètre. Ce mélange circule à travers

(¹) LÉON BINET et DANIEL BARGETON, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1523.

le tambour de manière à éviter tout confinement et à placer l'animal dans une atmosphère de composition connue.

Un relai électrique trace pendant l'épreuve le diagramme de l'espace parcouru en fonction du temps. Dans de telles conditions, chez des animaux soumis à un dressage préalable, les courbes d'espace parcouru et de vitesse en fonction du temps ont une allure très régulière et une forme très comparable.

La vitesse, après avoir déchu assez rapidement pendant les premières minutes de l'épreuve, se maintient ensuite sensiblement en plateau ou diminuant très lentement pendant 30 minutes à 1 heure et plus, suivant la taille de l'animal et son degré d'entraînement, pour décroître rapidement pendant la portion finale de l'épreuve. L'épreuve ayant été poursuivie pendant un temps suffisant et la vitesse de course ayant diminué au voisinage de la moitié de sa vitesse initiale, l'inhalation d'oxygène pur ou presque pur (97 %) se traduit par un relèvement très brusque de la courbe de vitesse, qui atteint ou dépasse même sa valeur initiale, mais décroît ensuite rapidement. Ainsi par exemple, dans l'expérience VI, la vitesse ayant déchu de 18 m/min à 12 m/min, l'inhalation d'oxygène à 97 % fait remonter la vitesse de course à 24 m/min 8 minutes après; 20 minutes après la vitesse est retombée à 12 m/min.

Si l'on fait inhaler de l'oxygène à un animal épuisé par une course prolongée et qui n'est plus capable que de se traîner très lentement, on lui voit recouvrer la possibilité de courir à nouveau à une vitesse assez élevée et de parcourir une distance qui représente une fraction notable ($1/6^e$ à $1/4^e$) de la performance totale d'un Rat normal, avant de s'arrêter épuisé à nouveau.

L'inhalation de mélanges contenant 60 et 40 % d'oxygène exerce une action analogue à celle de l'oxygène presque pur, mais l'accroissement de vitesse est moins important, la distance que peut à nouveau parcourir l'animal épuisé est plus courte. Les mélanges à 30 % d'oxygène n'exercent pas d'action notable dans la plupart des cas.

L'influence défatigante de l'oxygène a également été explorée associée à celle du repos. Chez le Rat ayant fourni une épreuve de course forcée menée jusqu'à épuisement, un repos de 3 minutes provoque une restauration notable de la capacité de course, la vitesse initiale est réduite et le chemin parcouru n'est qu'une fraction de la performance normale; une nouvelle période de 3 minutes de repos, associée à l'inhalation d'oxygène, provoque une restauration plus importante de la capacité de course, vitesse initiale plus élevée et chemin parcouru plus long qu'après la période de repos à l'air.

On peut donc conclure que l'inhalation d'oxygène, de même qu'elle augmente la capacité du travail d'un muscle stimulé isolément, accroît

la performance générale de l'organisme au cours d'un exercice qui, comme la course, met en jeu un grand nombre de muscles.

L'influence défatigante de l'oxygène permet à l'animal épuisé par une longue course d'augmenter considérablement sa vitesse et de parcourir une distance supplémentaire qui représente une fraction notable de sa performance normale.

L'inhalation d'oxygène et le repos ajoutent leurs effets et une période de repos en atmosphère suroxygénée provoque une restauration de la capacité de course plus importante qu'une période de repos de même durée à l'air atmosphérique.

Il semble que l'on puisse tirer parti pratiquement de ces résultats expérimentaux.

ÉLECTIONS

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. *Lucien Cayeux*, décédé.

Le nombre des votants étant 48,

M. Léon Bertrand	obtient.....	26 suffrages.
M. Paul Fallot	»	21 »

Il y a un bulletin blanc.

M. **LÉON BERTRAND**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

LUCIEN BERLAND. *Les Scorpions* (présenté par M. Louis Fage).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le nombre des nombres premiers inférieurs à une valeur donnée.* Note de M. **ANDRÉ ROUSSEL**, présentée par M. Élie Cartan.

De théorème généraux dus à É. Picard ⁽¹⁾, on déduit que le nombre n de racines (supposées simples) d'un système de deux équations à deux inconnues

$$(1) \quad f(x, y) = 0, \quad g(x, y) = 0,$$

⁽¹⁾ *Journ. de Math. pures et appliquées*, 8, 1892, pp. 5 à 24.

contenues dans une aire A du plan des xy limitée par un contour fermé C ne passant par aucune racine de (1), est donné par l'expression

$$(2) \quad n = \int_C P dx + Q dy + \frac{\varepsilon}{2\pi} \int \int_{(A)} \frac{R dx dy}{(f^2 + g^2 + \varepsilon^2 D^2)^{\frac{3}{2}}},$$

où l'on a posé

$$P = \frac{1}{2\pi} \frac{f \frac{\partial g}{\partial x} - g \frac{\partial f}{\partial x}}{f^2 + g^2} \times \frac{D\varepsilon}{(f^2 + g^2 + \varepsilon^2 D^2)^{\frac{1}{2}}},$$

$$Q = \frac{1}{2\pi} \frac{f \frac{\partial g}{\partial y} - g \frac{\partial f}{\partial y}}{f^2 + g^2} \times \frac{D\varepsilon}{(f^2 + g^2 + \varepsilon^2 D^2)^{\frac{1}{2}}},$$

avec

$$D = \begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \\ \frac{\partial g}{\partial x} & \frac{\partial g}{\partial y} \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad R = \begin{vmatrix} f \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} \\ g \frac{\partial g}{\partial x} & \frac{\partial g}{\partial y} \\ D \frac{\partial D}{\partial x} & \frac{\partial D}{\partial y} \end{vmatrix},$$

ε étant une constante pouvant être prise arbitrairement. Nous allons indiquer une application arithmétique de cette formule (2), qui ne semble pas avoir été indiquée et nous paraît présenter un certain intérêt.

Commençons par rappeler un résultat élémentaire : on sait que, si m est un entier non premier supérieur à 4, le produit $1.2 \dots (m-1)$ est divisible par m . Au contraire, si m est premier, il ne divise pas le produit précédent.

Considérons alors le système

$$(3) \quad f \equiv \sin \pi x = 0, \quad g \equiv y - \sin \pi \frac{\Gamma(x)}{x},$$

où Γ désigne la fonction eulérienne de seconde espèce.

A chaque entier correspond une solution et une seule de (3) et, d'après la remarque précédente, les solutions correspondant aux entiers non premiers supérieurs à 4 sont situées sur l'axe des x , tandis que celles qui correspondent aux nombres premiers n'appartiennent pas à cet axe. Si nous supposons $4 \leq y \leq N$, on verrait alors facilement que, pour ces dernières solutions, on a $|y| > \sin(\pi/2n)$.

Il en résulte alors immédiatement que les racines de (3) intérieures au rectangle (A) défini par

$$4 \leq x \leq N + \frac{1}{2}, \quad -\sin \frac{\pi}{2N} \leq y \leq \sin \frac{\pi}{2N},$$

sont situées sur Ox et correspondent aux entiers *non premiers* m tels que $4 < m \leq N$. En appliquant à (3) la formule (2), on obtient donc le nombre des entiers *non premiers* supérieurs à 4 et inférieurs à $N+1$, d'où

facilement une expression du nombre des *entiers premiers* ne dépassant pas N .

On a ici $D = \pi \cos \pi x$ et $R = \pi^2$ et, en remplaçant $\varepsilon \pi$ par λ , l'intégrale double figurant dans (2) devient

$$\frac{\lambda}{2} \int \int_{(A)} \frac{dx dy}{\left\{ \sin^2 \pi x + \left[y - \sin \pi \frac{\Gamma(x)}{x} \right]^2 + \lambda^2 \cos^2 \pi x \right\}^{\frac{1}{2}}}.$$

Faisons tendre λ vers zéro. L'intégrale curviligne relative au contour C du rectangle A tend vers zéro. Soit K le nombre des *nombres premiers* ne dépassant pas N . On a alors immédiatement

$$K = N - 1 - \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{\lambda}{2} \int \int_{(A)} \frac{dx dy}{\left\{ \sin^2 \pi x + \left[y - \sin \pi \frac{\Gamma(x)}{x} \right]^2 + \lambda^2 \cos^2 \pi x \right\}^{\frac{1}{2}}}.$$

C'est l'expression que nous voulions indiquer.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La Mécanique multi-ondulatoire.*

Note de M. **BERNARD KWAL**.

La Mécanique ondulatoire habituelle associe au corpuscule une seule fonction d'onde (avec son cortège de composantes relativistes), de sorte que le comportement du corpuscule est défini par une suite unidimensionnelle d'états d'énergie. Nous allons imaginer des corpuscules à plusieurs fonctions d'onde associée, dont le comportement dépendra des tableaux à double, triple, ..., n -uple entrée d'états d'énergie. Nous verrons que les corpuscules à un nombre impair des fonctions d'onde admettent pour le spin le plus bas possible (spin fondamental) un spin demi-entier, tandis que les corpuscules à un nombre pair de fonctions d'onde admettent pour le spin fondamental un spin entier, la relation entre le spin fondamental j_0 et le nombre de fonction d'onde n étant $j_0 = n/2$. D'autre part les corpuscules à un nombre pair de fonctions d'onde sont essentiellement neutres, insensibles à l'action du champ électromagnétique extérieur. En remplaçant en effet dans les équations correspondantes les opérateurs ∂_i par les opérateurs $\partial_i + \varepsilon A_i$, le terme en εA_i se trouve automatiquement éliminé.

Suivant le procédé adopté dans nos études précédentes ⁽¹⁾ nous commencerons par écrire les équations primaires et, pour condenser l'écriture, nous poserons

$$(1) \quad \Delta_n^+ = \partial_i + S_n^+, \quad \Delta_n^- = \partial_i - S_n^-.$$

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 548 et 613.

Nous introduirons en plus les opérateurs différentiels

$$(2) \quad m\partial_i, \quad mS_n^j, \quad m\Delta_n^j \quad \text{et} \quad m\bar{\Delta}_n^j$$

n'agissant que sur la fonction d'onde $m\psi$.

Écrivons les équations primaires des corpuscules à deux fonctions d'onde associée, sans terme de masse.

SPIN 1.

Premier système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^1 - 1\Delta_1^1 \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}^2\psi \times {}^1\psi] &= 0, & ({}^2\mathcal{O}_{\beta_1\alpha_1} - {}^1\mathcal{O}_{\beta_1\alpha_1}) {}^2\psi_{\alpha_2} {}^1\psi_{\alpha_1} &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^1 - 1\Delta_2^1 \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}^2\psi \times {}^1\psi] &= 0, & ({}^2\mathcal{O}_{\beta_2\alpha_2} - {}^1\mathcal{O}_{\beta_2\alpha_2}) {}^2\psi_{\alpha_2} {}^1\psi_{\alpha_1} &= 0. \end{aligned}$$

Deuxième système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^1 - 1\Delta_1^1 \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}^2\varphi \times {}^1\varphi] &= 0, & ({}^2\mathcal{O}_{\beta_1\alpha_1} - {}^2\mathcal{O}_{\beta_1\alpha_1}) {}^2\varphi_{\beta_2} {}^1\varphi_{\alpha_1} &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^1 - 1\Delta_2^1 \\ - \end{smallmatrix} \right) [{}^2\varphi \times {}^1\varphi] &= 0, & ({}^2\mathcal{O}_{\alpha_2\beta_2} - {}^1\mathcal{O}_{\alpha_2\beta_2}) {}^2\varphi_{\beta_2} {}^1\varphi_{\alpha_1} &= 0. \end{aligned}$$

SPIN 3/2.

Premier système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^{3/2} - 1\Delta_2^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_3}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0. \end{aligned}$$

Deuxième système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^{3/2} - 1\Delta_2^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ - \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0. \end{aligned}$$

Troisième système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^{3/2} - 1\Delta_2^{3/2} \\ - \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_3}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0. \end{aligned}$$

Quatrième système.

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ - \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_2^{3/2} - 1\Delta_2^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_2}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0, \\ \left(\begin{smallmatrix} 2\Delta_1^{3/2} - 1\Delta_1^{3/2} \\ + \end{smallmatrix} \right) [{}_{c_3}^2\psi \times {}_{c_1}^1\psi] &= 0. \end{aligned}$$

Les fonctions ${}_{c_2}^2\psi$ et ${}_{c_1}^1\psi$ sont à 2^{c_2} et 2^{c_1} composantes respectivement, c_1 et c_2 étant des entiers non nuls, tels que $c_1 + c_2 = 3$. Dans le cas du spin j il existe $(2j-1)2^{2j-1}$ systèmes d'équations primaires, comprenant chacun $2j$ groupes de 2^{2j} équations, les deux fonctions d'ondes ${}_{c_2}^2\psi$ et ${}_{c_1}^1\psi$ étant à 2^{c_2} et 2^{c_1} composantes, c_1 et c_2 étant des entiers non nuls tels que $c_1 + c_2 = 2j$.

Pour le corpuscule tri-ondulatoire de spin fondamental ($= 3/2$), nous avons 4 systèmes d'équations primaires, qu'on obtient, en remplaçant dans les 4 systèmes d'équations du corpuscule uni-ondulatoire la fonction ψ par le produit extérieur ${}^2\psi \times {}^2\psi \times {}^1\psi$ et les opérateurs Δ et $\bar{\Delta}$ par les opérateurs ${}^3\Delta + {}^2\Delta - {}^1\Delta$ et ${}^3\bar{\Delta} + {}^2\bar{\Delta} - {}^1\bar{\Delta}$. Dans le cas du corpuscule tri-ondulatoire de spin $j \geq 3/2$, il existe $[(2j-1)(2j-2)/2]2^{2j-1}$ systèmes d'équations primaires, à 3 fonctions d'onde ${}_{c_3}^3\psi$, ${}_{c_2}^2\psi$ et ${}_{c_1}^1\psi$ à 2^{c_3} , 2^{c_2} et 2^{c_1} composantes, avec $c_1 + c_2 + c_3 = 2j$.

Passons au cas général du corpuscule g -ondulatoire de spin $j \geq 3/2$. Il existe $c_{2j-1}^{g-1} 2^{2j-1}$ systèmes d'équations à g fonctions d'onde ${}_{c_g}^g\psi$, ${}_{c_{g-1}}^{g-1}\psi$, ..., ${}_{c_2}^2\psi$ et ${}_{c_1}^1\psi$.

à $2^{c_s}, 2^{c_{s-1}}, \dots, 2^{c_2}$ et 2^{c_1} composantes. $\left(\sum_1^s c_m = 2j\right)$. Les équations correspondantes s'obtiennent en considérant les équations du corpuscule uni-ondulatoire et en y remplaçant la fonction d'onde ψ par le produit extérieur $\prod_1^s [{}^m\psi]$ et les opérateurs différentiels Δ_+ et Δ_- par les opérateurs $\sum_{m=1}^s (-1)^m \binom{m}{+}\Delta_+$ et $\sum_{m=1}^s (-1)^m \binom{m}{-}\Delta_-$.

La théorie a été développée plus en détail dans un autre Recueil (*Archives des Sciences Physiques et Naturelles*, Genève, 1945). Nous y avons étudié, en particulier, les équations mixtes et mixtes composées ainsi que la théorie des ondes planes.

Nous pensons que les équations à un nombre pair de fonctions d'onde présentent un intérêt pour la théorie des corpuscules neutres, tels les photons, les neutrinos, les gravitons etc.

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle évaluation du stigmatisme approché.*

Note (1) de M. P.-MICHEL DUFFIEUX, présentée par M. Aimé Cotton.

L'état de mouvement vibratoire dans la pupille de sortie d'un appareil d'optique peut être représenté par une fonction complexe $F(x, y)$ dont le module est égal à l'amplitude de la vibration et dont l'argument est égal à sa différence de phase avec la vibration en un point arbitraire de référence. La figure de diffraction de cette pupille, c'est-à-dire l'image qu'elle donne du point-objet auquel est dû l'état de mouvement $F(x, y)$, peut être représentée par une autre fonction complexe $G(u, v)$, rapportée à deux axes ou, ov , respectivement parallèles à Ox et Oy . A l'approximation classique, ces deux fonctions sont liées par la transformation de Fourier (2)

$$G(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x, y) e^{-i2\pi(ux+vy)} dx dy.$$

Cette première équation de transformation entraîne l'équation réciproque, qui est ici l'expression du principe du retour inverse de la lumière,

$$F(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} G(u, v) e^{i2\pi(ux+vy)} du dv.$$

La correspondance des échelles des x, y et des u, v , doit justifier les exposants de e . La correspondance fondamentale donne à l'un des systèmes de coordonnées le sens de longueurs évaluées en longueurs d'onde, l'autre système représentant

(1) Séance du 23 avril 1945.

(2) Voir notre article *Annales de Physique*, 11^e série, 19, 1944, p. 363.

des angles apparents évalués en radians. Mais il est possible d'adopter d'autres correspondances, le produit des unités restant constant.

L'énergie se conserve de la pupille à la figure de diffraction; on peut donc appliquer aux deux fonctions le théorème de Plancherel

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |F(x, y)|^2 dx dy = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |G(u, v)|^2 du dv.$$

La théorie mathématique de la transformation de Fourier permet d'établir des relations générales de forme entre les fonctions $F(x, y)$ et $G(u, v)$. J'exposerai ici l'une des plus immédiates. Supposons que l'on puisse différencier les deux membres de la deuxième équation de transformation par rapport à x et y , les intégrations du second membre restant possibles. Après dérivation, appliquons le théorème de Plancherel. Nous obtenons deux conditions

$$(1) \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right|^2 dx dy = (2\pi)^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u^2 |G(u, v)|^2 du dv,$$

$$(2) \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \frac{\partial F}{\partial y} \right|^2 dx dy = (2\pi)^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} v^2 |G(u, v)|^2 du dv$$

et, en additionnant membre à membre, une troisième

$$(3) \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial F}{\partial y} \right|^2 \right\} dx dy = (2\pi)^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (u^2 + v^2) |G(u, v)|^2 du dv.$$

Les seconds membres de ces trois équations représentent les trois moments d'inertie de l'énergie lumineuse dans l'image du point $|G(u, v)|^2$ assimilée à une masse répartie dans le plan uov , par rapport aux axes ou et ov et à un troisième axe normal en o aux deux autres. Ces moments peuvent servir à évaluer la dispersion de l'énergie dans l'image du point, l'allongement des focales et la coma.

Deux cas peuvent se présenter :

1° Le plus simple au point de vue mathématique ne se présente jamais dans les pupilles usuelles. Si $F(x, y)$ ne présente aucune discontinuité dans le plan des x, y , les premiers membres des trois conditions sont intégrables et l'image du point, en énergie, possède ses trois moments d'inertie mesurables. La lumière diffractée lointaine est faible et d'autant plus négligeable que $F(x, y)$ possède des dérivées de plus haut ordre ne présentant aucune discontinuité dans le plan des x, y .

2° Les diaphragmes usuels ne sont pas dégradés mais limités par le bord net d'un écran opaque. La forme schématique adoptée pour $F(x, y)$ est celle d'une fonction dont le module est à peu près, sinon parfaitement, constant à l'intérieur d'un domaine S et nul partout ailleurs. $F(x, y)$ ainsi définie dans tous le plan xoy possède une ligne de discontinuités sur le contour du diaphragme

(ou du domaine S). Les intégrales des premiers membres de (1), (2), (3) y possèdent des éléments infinis; les moments d'inertie ne sont plus mesurables mais infinis. Le calcul montre que cette divergence des intégrales des seconds membres est due à la décroissance trop lente de la lumière diffractée lointaine et non à la dispersion plus grande de la tache lumineuse centrale qui est l'image utile du point et rassemble la majeure partie du flux lumineux disponible.

Je ne puis que résumer ici très sommairement les considérations physiques et mathématiques qui permettent de lier la lumière diffractée lointaine à l'élément différentiel infini du contour du diaphragme et les aberrations classiques aux intégrales intérieures au domaine S, intégrales qui restent toujours finies.

On peut déterminer le domaine d'intégration correspondant au moment d'inertie d'une portion de $G(u, v)$ en l'isolant par un diaphragme placé dans le plan uov et en examinant au travers le plan de la pupille. C'est une expérience de *foucaultage*. Pour la lumière diffractée lointaine, ce domaine d'intégration se réduit à un étroit liseré suivant le contour du diaphragme. Au degré d'approximation adopté pour la définition des aberrations classiques et leur examen pratique par *foucaultage*, on peut considérer les intégrales intérieures au domaine S comme une évaluation des accroissements des moments d'inertie dus aux aberrations.

Le domaine S est en fait limité par une zone de structure inconnue, où l'amplitude s'annule sans discontinuité. On peut montrer que l'existence d'une discontinuité est incompatible avec le principe de conservation de l'énergie. Les difficultés mathématiques sont dues à l'invraisemblance du schéma.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la possibilité de faire un dosage photocolorimétrique, en particulier dans une solution déjà colorée.* Note de MM. MARCEL CHATEAU et PIERRE MICHEL, présentée par M. Paul Lebeau.

Pour doser par photocolorimétrie un corps coloré ou un corps donnant, en solution avec un réactif approprié, un composé coloré, on mesure la densité optique de la solution à l'aide d'un colorimètre à cellules photo-électriques, qui peut être à compensation, comme par exemple l'appareil de Meunier⁽¹⁾. On trace des courbes d'étalonnage : indications de l'appareil en fonction de la concentration en corps à doser.

L'étude mathématique complète du phénomène, que nous avons poursuivie en tenant compte entre autres de la largeur spectrale de la source lumineuse utilisée et de son intensité, des filtres colorés présents et des colorations étrangères présentes, montre que :

1° Pour une même concentration en corps à doser, en lumière polychro-

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1371.

matique, la réponse de l'appareil dépend de la coloration de base de la solution (coloration en l'absence du corps coloré servant au dosage, et qui peut provenir entre autres d'éléments colorés étrangers sans réaction), à moins que le coefficient de transparence de base de cette solution ne soit constant dans l'intervalle spectral utilisé.

Exemple. — Nous avons fait l'étude, en solution incolore au photocolorimètre Meunier, du dosage du vanadium par le complexe vanadium-eau oxygénée dont la courbe de transparence est A (fig. 1), à l'aide successivement de filtres vert et bleu dont les courbes de transparence sont respectivement les courbes 1 et 2 (fig. 1). Les indications lues au tambour de l'appareil ont été respectivement, pour les deux filtres, 70,5 et 152,5.

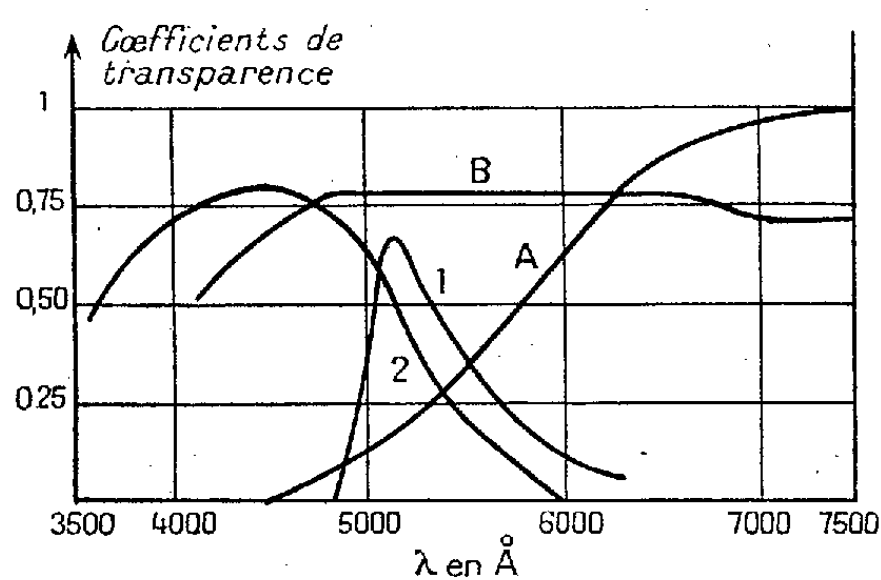


Fig. 1.

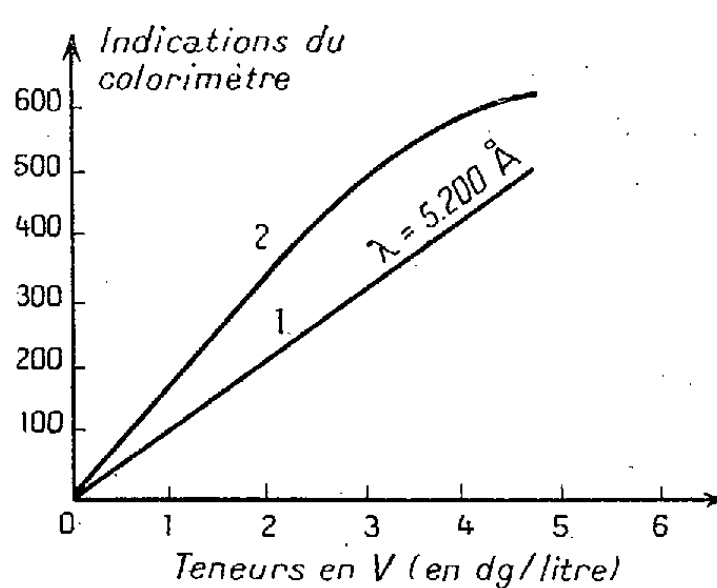


Fig. 2.

Quand la solution contient le complexe $\text{Fe}^{+++} - \text{PO}_4\text{H}^3$ de courbe de transparence B, présentant un palier entre 4800 et 6600 Å à l'intérieur duquel se trouve entièrement le filtre vert mais non le filtre bleu, les résultats sont 70 et 138,5. Il y a bien constance pour le filtre vert et variation pour le filtre bleu.

2° En lumière monochromatique, au contraire, les colorations étrangères peuvent varier d'un dosage à l'autre sans altérer la valeur des résultats. La courbe de dosage est une droite, la loi de Beer s'appliquant. Par exemple la courbe de dosage du vanadium par l'eau oxygénée (1, fig. 2) est une droite, qui reste la même quels que soient les éléments colorés étrangers présents.

3° En lumière polychromatique, même si la solution de base est incolore, la courbe de dosage n'est pas une droite. Telle la courbe relative au même dosage en utilisant le filtre vert (2, fig. 2).

On en déduit la marche à suivre pour déterminer si un dosage photocolorimétrique est possible et dans quelles conditions.

1° Si la solution de base est incolore, on peut opérer en lumière monochromatique ou en lumière polychromatique quelconque entre 0^μ,4 et 0^μ,8. Dans le premier cas la courbe de dosage est une droite; on choisit une longueur d'onde donnant une sensibilité convenable.

2° Si la solution possède une coloration de base variable d'un dosage à un autre, il faut opérer en lumière monochromatique ou en lumière polychromatique, mais, dans ce dernier cas, se maintenir dans un domaine spectral où les courbes de transparence de tous les éléments colorés étrangers pouvant se trouver dans la solution sont des parallèles à l'axe des longueurs d'onde.

Dans le cas de présence d'une coloration étrangère en lumière polychromatique on peut également tracer une courbe de dosage pour chaque valeur de cette coloration étrangère. On a ainsi un réseau de courbes d'étalonnage.

La solution la plus générale consiste évidemment à opérer, dans tous les cas, en lumière monochromatique.

Pour résoudre le problème, il suffit donc de tracer les courbes d'absorption des éléments colorés étrangers pouvant se trouver dans la solution, ainsi que la courbe d'absorption du composé étudié, afin de voir entre quelles limites spectrales son absorption est reliée d'une manière univoque à sa concentration.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure de benzyle sur les magnésiens.* Note de M. GUSTAVE VAVON, M^{lle} COLETTE CHAMINADE et M. GEORGES QUESNEL, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une étude sur les magnésiens, nous avons constaté que la réaction entre bromure de benzyle et magnésien du bromobenzène donne *des résultats qui varient avec le traitement subi antérieurement par le magnésien* : on obtient tantôt du diphényle et du dibenzyle par *soudure de deux radicaux identiques*, tantôt du diphénylméthane par *soudure de deux radicaux différents*.

Nous avons cherché à préciser les facteurs qui déterminent le type de la réaction, en faisant varier la nature du solvant, la température, le mode de préparation et la forme du magnésien.

Technique. — Chaque expérience porte sur des quantités équimoléculaires des deux réactifs, le magnésien étant titré à l'iode. La séparation des carbures est assez facile quand le mélange ne contient que du diphényle, É 254°, F 72°, et du dibenzyle, É 284°, F 47°; il suffit d'une distillation fractionnée suivie d'une cristallisation dans l'alcool. Quand il y a du diphénylméthane, F 262°, É 25°, la séparation exige deux ou trois rectifications avant la cristallisation. La quantité de diphénylméthane recueillie est toujours inférieure à la quantité formée; pour le diphényle, par contre, le rendement se trouve augmenté du carbure formé pendant la préparation du magnésien; il peut par suite dépasser 100 % de ce qui est calculé à partir du magnésien employé. Notons qu'il se forme toujours des produits polycondensés par réactions de Friedel et Crafts, catalysée, comme on le sait ⁽¹⁾, par les halogénures de magnésium.

(¹) BERT, *Comptes rendus*, 186, 1926, p. 587; FUSON, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, pp. 830 et 2681.

Voici les résultats de quelques expériences :

1° Le magnésien est préparé de la façon habituelle dans l'éther; on obtient du diphényle 120 %, du dibenzyle 24 % et pas de diphénylméthane.

2° A ce même magnésien on ajoute de l'oxyde de butyle, on chasse l'éther, chauffe jusqu'à 140°, laisse refroidir et introduit ensuite le bromure de benzyle. Il se fait du diphénylméthane 37 % et pas de dibenzyle. Si dans cette expérience on remplace l'oxyde de butyle par le xylène, on obtient également du diphénylméthane 45 %.

3° Le magnésien préparé *directement* dans l'oxyde de butyle soit au-dessous de 40°, soit à 140°, donne uniquement la soudure des radicaux identiques. Rendements : diphényle 100 %, dibenzyle 40 % dans le premier cas, et respectivement 75 %, 33 % dans le second.

4° On prépare le magnésien double suivant la technique de Décombe⁽²⁾ : addition de 1^{mol},4 de dioxane par molécule de magnésien. La solution étherée, qui ne contient plus que la forme double $C^6H^5MgC^6H^5$, se comporte comme le magnésien primitif : employée directement elle donne du diphényle 100 % et du dibenzyle 55 %; si l'on ajoute de l'oxyde de butyle et qu'on chauffe jusqu'à 140°, il se fait du diphénylméthane 36 % et pas de dibenzyle.

De ces différentes expériences on peut tirer la conclusion suivante : *La formation de diphénylméthane nécessite un changement préalable dans la structure du complexe magnésien*, changement qui s'effectue au moment où l'éther est chassé vers 140°.

Échange fonctionnel. — Dans les expériences qui conduisent au mélange diphényl-dibenzyle, C^6H^5MgBr se transforme d'abord en $C^6H^5CH^2MgBr$, comme le montre la formation d'acide phénylacétique, par carbonatation en cours d'expérience; mais on n'obtient pas de bromobenzène, corps qui devrait se former par un échange fonctionnel ordinaire. D'autre part au début de la réaction le bromure de benzyle disparaît plus vite que le magnésien. Ces faits sont difficilement conciliables de façon simple; nous n'avons pas éclairci ce point dont nous poursuivons l'étude.

On ne trouve rien de tel dans les expériences qui mènent au diphénylméthane : magnésien et bromure disparaissent à la même vitesse, il n'y a pas d'échange fonctionnel. Le diphénylméthane se fait ainsi par *action directe* du bromure de benzyle sur le magnésien du bromobenzène, dont *la structure a été modifiée* par élimination de l'éther.

La réaction entre magnésiens aliphatiques et bromure de benzyle donne de semblables résultats. Pour qu'il y ait soudure de deux radicaux différents, il faut que l'éther ait été chassé et, là non plus, *la température de réaction n'a pas de rôle déterminant*.

Catalyse de la réaction. — Les chlorures de fer, de cobalt, de nickel, comme

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 179.

on le sait ⁽³⁾, augmentent beaucoup la vitesse. Or, tandis qu'avec le nickel et le cobalt ajoutés au magnésien ordinaire, on obtient le mélange diphényle, dibenzyle, avec le fer il se fait du diphénylméthane (29 %) et pas de dibenzyle, mais on a de plus une quantité importante de produits plus condensés (formés vraisemblablement par réactions de Friedel et Crafts). *La catalyse par le fer est donc nettement différente de celle que produisent le nickel et le cobalt.*

TECTONIQUE. — *Sur les grandes lignes de la tectonique antéstéphanienne du Massif Central.* Note ⁽¹⁾ de M. **ANDRÉ DEMAY**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Il résulte des observations de P. Termier, G. Friedel, F. Grandjean, près de Saint-Étienne, et de mes observations dans tout le Massif Central, que la tectonique essentielle du Massif Central est antéstéphanienne.

Au début de mes recherches, en dehors de la partie Nord-Est, objet des beaux travaux de M. Alb. Michel-Lévy, on ignorait à peu près tout de cette tectonique. Les directions axiales mêmes étaient inconnues.

En 1931, après avoir défini la zone du *Paléozoïque métamorphique des Cévennes méridionales et du Rouergue*, j'ajoutai que cette zone « se prolonge par une zone de facies et d'allure identique dans le Sud et le Sud-Ouest du Massif Central, en dessinant un *arc largement ouvert, dont la convexité est vers le Sud, comme le sens de poussée* ».

En 1932, en suivant pas à pas les directions axiales et les structures de l'Est à l'Ouest, je pus démontrer l'existence d'un *arc plus interne, emboîté dans le précédent, depuis le Lyonnais jusqu'en Corrèze*. Au delà de la faille d'Argentat, cet arc se prolonge dans le Limousin et rejoint le Sud de l'Armorique.

Entre ces deux arcs, l'existence du *massif du Rouergue*, où l'on distingue des zones d'affleurement en couronnes concentriques, presque circulaires, l'une de gneiss d'injection, l'autre de gneiss amphiboliques, s'accorde parfaitement avec cette interprétation. J'ai montré en 1931 que c'est une *zone de montée axiale, un véritable dôme*.

Au Nord du Rouergue et au Sud du massif granitique post-tectonique de la Margeride, le dessin de l'arc antéstéphanien est également très net, depuis le Nord de Largentière jusqu'à Mende, Marvéjols, Aurillac et Tulle. Près de Marvéjols et de Mende, les recherches récentes de M. P. Lapadu-Hargues ⁽²⁾ ont confirmé l'existence de l'arc antéstéphanien et apporté des précisions nouvelles sur son dessin.

⁽³⁾ VAVON et MOTTEZ, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 557; KARASH-FIELDS, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, pp. 2316-29.

⁽¹⁾ Séance du 14 mai 1945.

⁽²⁾ *Bull. Soc. Géol.*, 5^e série, 13, 1943, p. 111.

Il résulte de mes recherches que le long de ces arcs *les poussées apparentes et le cheminement étaient presque partout dirigés vers le Sud.*

L'existence d'arcs emboîtés n'implique pas un âge identique pour les structures qui y apparaissent. J'ai indiqué ailleurs mes observations sur l'âge du métamorphisme, de l'orogénèse et des granites, depuis la zone morvano-roannaise, où j'ai distingué un socle antéhercynien, probablement précambrien, et un revêtement paléozoïque, en général plissé de manière large, jusqu'aux structures hercyniennes de la région du Vigan et des monts de Lacaune.

Les recherches, dont j'ai donné les résultats en 1934 et 1937 ⁽³⁾, et mes recherches récentes de 1942 et 1943 dans la haute vallée de l'Allier ont montré que le dessin des *arcs antéstéphanien du Massif Central est compliqué par de grands accidents ou plis transversaux.*

L'accident le plus occidental est la *faille d'Argentat*, de direction NNW, connue sur plus de 200^{km} et jalonnée par des amas mylonitiques, qu'a décrits G. Mouret. Après les recherches de G. Mouret, cet accident a été parfois défini comme une surface de charriage. Mais Louis de Launay et moi-même (*loc. cit.*, 1937), avons toujours considéré qu'il s'agit d'un *accident à peu près rectiligne, de type rigide, postérieur aux mouvements essentiels du Cristallophyllien.* Récemment, en 1941, M. Roques est parvenu à une conclusion analogue.

Cette dislocation a provoqué un décalage sensible du Cristallophyllien et du Cristallin et aussi une *torsion des directions axiales*, qui tendent, près de l'accident, à lui devenir parallèles.

Un second accident transversal est l'*accident antéstéphanien, sur lequel s'est établi ensuite le grand sillon houiller du Massif Central.* Les mylonites que l'on observe assez souvent près du sillon avaient été considérées comme des témoins de charriages antéstéphanien. J'ai montré que ces mylonites traduisent l'existence d'une grande dislocation de type rigide, postérieure aux mouvements essentiels du Cristallophyllien, mais cependant antéstéphanienne, orientée NNE et connue sur plus de 300^{km}. Il résulte de mes recherches dans le Cantal et la Corrèze que cette dislocation ne correspond pas seulement à un mouvement vertical ou à un décrochement, mais à une brusque flexure, avec *forte torsion des directions axiales*, qui s'incurvent et viennent se raccorder à l'accident (*loc. cit.*, 1937).

Mes recherches de 1942 et 1943 m'ont permis de reconnaître un *troisième accident ou pli transversal, de direction subméridienne, le long de la haute*

(3) *Bull. Soc. Géol.*, 5^e série, 4, 1934, p. 325; *C. R. somm. Soc. Géol.*, 5^e série, 7, 1937, p. 40.

vallée de l'Allier, entre Saint-Bonnet-de-Montauroux, Monistrol d'Allier et Prades. Il se traduit là par un *synclinal transversal* et une *brusque flexure anticlinale*, postérieurs aux mouvements essentiels du Cristallophyllien, mais presque certainement antéstéphanien, et même, d'après plusieurs indices, antérieurs au granite de la Margeride et aux granulites un peu plus récentes du même massif.

A petite distance de la zone brouillée, marquée par des directions NS, parfois avec pendage subvertical, réapparaissent les directions habituelles, à peu près Ouest, de l'arc antéstéphanien sur ce méridien.

Au Nord cette zone troublée rejoint le bord occidental de la *grande zone de montée axiale* ou *anticlinal transversal du Forez*, qui passe près de la Chaise-Dieu, puis le synclinal transversal d'Arlanc.

Du côté Sud, j'attribue au prolongement de cet accident ou à un accident qui le relaye, la *torsion des directions axiales*, bien visible sur la *feuille de Largentière* (2^e éd. par H. Longchambon), entre Prévenchères et Langogne, et que j'ai étudiée moi-même sur le terrain. Cet accident semble rejoindre la *faille de Villefort*, notée déjà par G. Fabre et dont l'importance a été soulignée par H. Longchambon, mais qui décale le granite post-tectonique du Mont Lozère et correspond peut-être à un rejeu.

L'observation de ces trois grands accidents a levé les dernières difficultés qui pouvaient subsister dans l'interprétation des arcs antéstéphanien emboîtés du Massif Central. Le plan d'ensemble apparaît maintenant avec une grande clarté.

HYDROLOGIE. — *Sur la décrue du Tech à Prats-de-Mollo.*

Note de M^{lle} AIMÉE PÉREAU.

Prats-de-Mollo est une station de jaugeage du Tech observée par le Service des Forces hydrauliques du Sud-Ouest. Les niveaux sont connus depuis 1911 et leur transformation en débit est réalisée grâce à 11 barèmes, applicables pour des périodes plus ou moins longues qui dépendent de l'état du lit du Tech. Ces différentes données m'ont été communiquées par M. Varlet. Partant de là j'ai établi les graphiques des débits journaliers, qui montrent que le régime du Tech comporte dans l'année une série de crues présentant des courbes de tarissement d'allure exponentielle. L'examen de 30 graphiques annuels a conduit à en extraire une courbe de décrue valable pour des débits inférieurs à 4,65 m³/s.

L'anamorphose logarithmique de cette courbe montre qu'elle peut être représentée par trois tronçons de la fonction exponentielle $Q = Ae^{-at}$, caractérisés par des valeurs de paramètres différentes. Les paramètres calculés et les volumes qui en résultent se trouvent dans le tableau suivant :

Débit (m ³ /s).	Durée (jours).	A.	α .	Capacité libérée (m ³).
4,65	22,9	465	0,0415	5933 493
1,80	45,6	3306	0,0266	4 112 114
0,534	141,5	1224	0,0121	3 098 975
0,10	∞	—	—	714 550
0				

Des trois tronçons indiqués, les deux supérieurs ont été définis au moyen d'un grand nombre de décrues, tandis que le dernier n'a été que rarement atteint pendant les années considérées. Sa détermination est par cela même encore insuffisante. Au point de vue des eaux souterraines, c'est lui qui présente le plus d'intérêt, car cette partie de la décrue est certainement alimentée uniquement par le sous-sol, tandis que les deux premiers tronçons peuvent contenir des volumes provenant du ressuyage superficiel rapide.

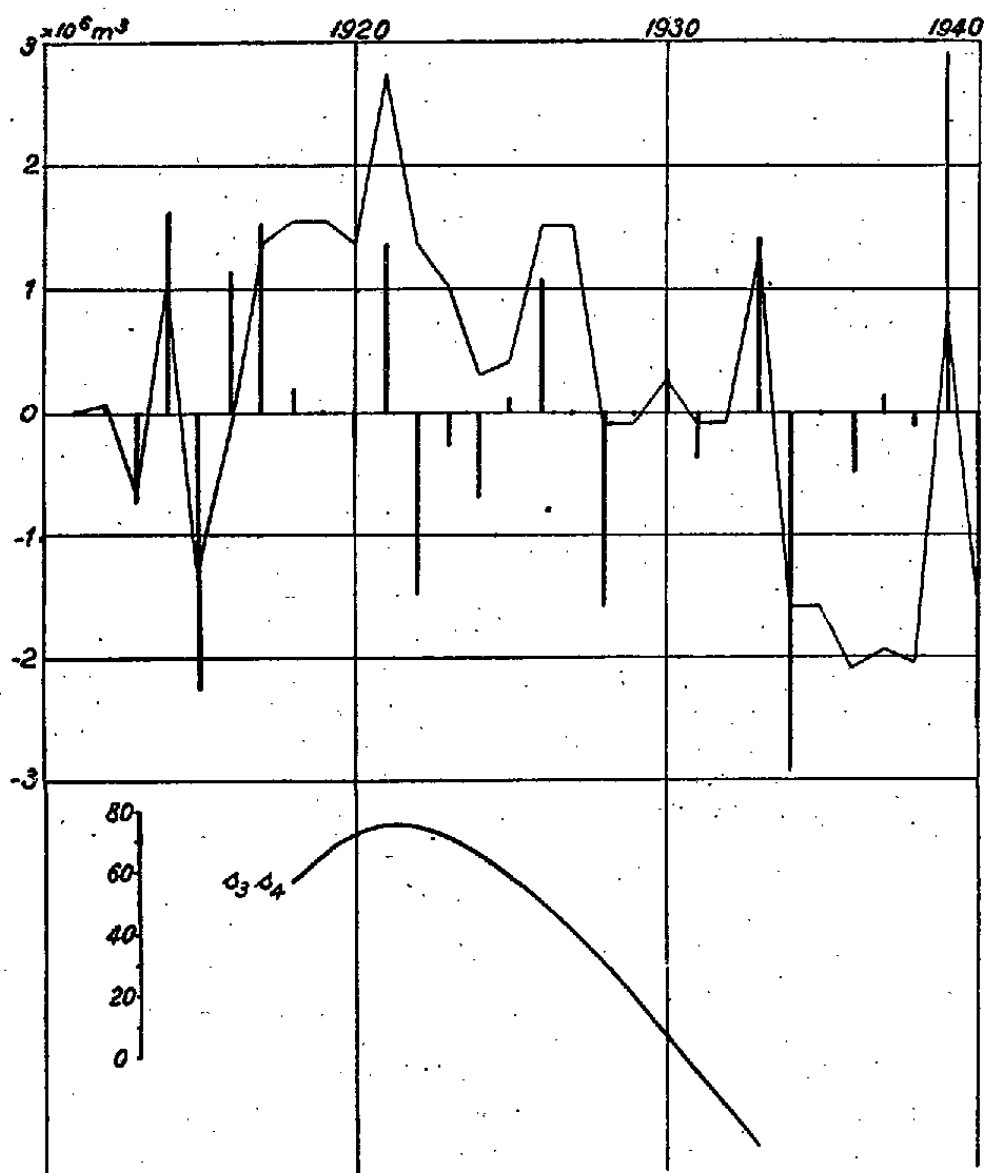
Les valeurs du paramètre α montrent que le tarissement est deux fois plus lent que pour la Cure, que j'avais étudiée (¹). Ceci tient à la différence des terrains constituant les deux bassins, ce qui reste à étudier. La rapidité de la décrue du Tech peut être comparée à celle du Niger à Koulikoro et des cours d'eau italiens comme le Volturno, l'Adda, la Brenta et l'Adige.

La surface du bassin versant du Tech en amont de Prats-de-Mollo, d'après le Service des Forces hydrauliques, est de 76^{km}²,63. Le volume de 13 194 582^m³, qui représente le total des eaux écoulées en décrue en régime propre, non influencé, entre les débits de 4,65 et 0,10 m³/s, représente une tranche de 172^{mm} de pluie. Le jeu de la réserve souterraine est donc un élément très important dans le régime du Tech et cela est dû à sa réalimentation pendant une grande partie de l'année par la fonte progressive des neiges.

Marche des réserves. — D'année en année la réserve définie plus haut est plus ou moins entamée, ce qui se traduit par le débit plus ou moins faible observé dans l'année. La différence des débits minima de deux années consécutives permet de calculer le volume emmagasiné, ou, au contraire, perdu. La somme algébrique de ces volumes indique la marche des réserves souterraines par rapport à une année de référence. Le graphique ci-après représente les différences de volumes par les traits verticaux et la marche de la réserve par le trait continu. L'année de comparaison étant 1911, on constate que depuis cette époque la réserve souterraine est passée par un maximum en 1921 et a atteint ensuite un minimum en 1935-1936. La capacité souterraine est affectée parfois dans des proportions considérables par la sécheresse, ou la pluie abondante,

(¹) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 280.

d'une seule année. Ceci montre que le sous-sol est traversé assez facilement par l'eau d'infiltration.



Prévision. — Le graphique du bilan de la réserve souterraine peut être exploré au moyen de courbes de reconnaissance de M. H. Labrouste et il apparaît qu'une de ces courbes, d'ordre peu élevé, $s_3 s_4$, présente une allure très régulière. Il semble qu'elle pourrait servir non seulement à la description, mais aussi à la prévision. Le degré de précision de celle-ci ne pourra être déterminé qu'après un essai de plusieurs années.

BOTANIQUE. — *Observations sur une analyse de pollen atmosphérique.*

Note de M^{me} MADELEINE VAN CAMPO-DUPLAN, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'analyse pollinique a trouvé jusqu'à ce jour ses meilleurs résultats dans l'examen des tourbes et des vases. Il semble toutefois que l'on n'ait pas tenu suffisamment compte de la répartition actuelle des pollens dans l'atmosphère.

Quelques observations sur le pollen contenu dans l'atmosphère ont été faites sur la tour du Château de Longchamp, dont la terrasse domine la cime des arbres environnants.

Le Bois de Boulogne a été choisi comme lieu d'expérience parce qu'il

présente, sur une superficie restreinte, une grande variété d'essences connues et dénombrées; la période de floraison des différents arbres peut être rigoureusement contrôlée; le mélange des espèces donne à chacune d'elles une chance identique d'être représentée proportionnellement à sa production pollinique. Les résultats obtenus sont donc traduisibles avec plus de rigueur et de précision qu'ailleurs.

A ces données s'ajoute, pendant la période de l'expérience (19 et 20 avril 1945), un état de l'atmosphère dont les caractéristiques, fournies par l'O. N. M., sont les suivantes :

Journée du 19 avril 1945, température minima 11°,7, maxima 23°,5; vent moyen NE, 3,5 m/s.

Journée du 20 avril, température minima 7°,8, maxima 25°,8; vent moyen S, 1,8 m/s.

La densité du pollen atmosphérique a été étudiée au moyen de lames de verre, placées horizontalement, et enduites, sur une surface de 1^{cm}², de gélatine glycinée colorée au vert de méthyle. Les lames ont été exposées pendant 48 heures, le pollen qui adhère à la gélatine glycinée a été déterminé et compté après qu'on eut recouvert celle-ci d'une lamelle.

Les résultats suivants ont été obtenus : pollen de *Æsculus hippocastanum* 765, de *Pinus* sp. 156, de *Quercus robur* 125, de *Fraxinus ornus* 82, de *Abies* sp. 30, de *Acer* sp. 27, de *Pterocarya caucasica* 24, de *Douteux* 15, soit au total 1224 grains.

Les proportions des différents Pins semblent être les suivantes : *Pinus sylvestris* 68 grains, *maritima* 54, *Laricio* 34.

Les incertitudes qui proviennent de la difficulté de distinguer les unes des autres certaines espèces d'un même genre ou de genres très voisins (*Acer* sp. pl., *Æsculus* et *Pavia*, *Pinus maritima* et *P. Laricio*) ne modifient pas l'ensemble des conclusions.

Certaines essences abondamment représentées dans le Bois de Boulogne, comme les *Ulmus*, *Salix*, *Betula*, *Alnus*, portaient déjà leurs fructifications; au contraire le *Robinia pseudoacacia* n'était pas encore en fleur au moment de l'expérience.

Ce qui frappe tout d'abord dans l'examen des chiffres précédents, c'est l'abondance de la pluie pollinique qui tombe sur le Bois de Boulogne pendant les jours ensoleillés d'avril : 1224 grains au centimètre carré en 48 heures.

Des examens de ce genre mettent en lumière des divergences considérables entre les quantités relatives des différentes essences de la forêt et leur représentation pollinique dans l'atmosphère. Il n'est pas besoin d'insister sur la surreprésentation des Conifères, dont les pollens sont munis de dispositifs d'anémochorie. Les Marronniers, aux nombreuses fleurs, au pollen ténu, laissent échapper dans l'atmosphère une quantité

de pollen considérable et leur représentation pollinique ferait préjuger d'un pourcentage de cette espèce supérieur au pourcentage réel. Les Érables, qui se placent immédiatement après les Marronniers, dans la liste par ordre de densité décroissante des arbres du Bois de Boulogne (flanc Seine), ont un pourcentage de pollen atmosphérique très faible. Le chiffre maximum atteint en période de pleine floraison des Érables a été de 32 grains au centimètre carré en 48 heures; les prélèvements ont été effectués en différents points du Bois de Boulogne. Les Érables sont entomogames et très peu pollinifères.

Comme cela était prévisible il ressort que l'anémogamie et l'émission importante de pollen dans l'atmosphère sont en corrélation, de même que l'entomogamie et la faible émission de pollen.

Lorsque l'analyse pollinique a pour but de donner l'image de la forêt qui a produit la pluie pollinique, il paraît nécessaire, du point de vue purement botanique, d'interpréter les résultats.

Des examens de pollen atmosphérique, effectués par temps calme au-dessus de surfaces dont le peuplement forestier est parfaitement connu, permettraient d'établir, pour chaque espèce, un coefficient de représentation pollinique, calculé en tenant compte de la représentation pollinique actuelle de cette espèce dans l'atmosphère.

L'emploi d'un coefficient permettrait de préciser les résultats d'une analyse pollinique de tourbe par exemple. Les résultats ainsi modifiés se rapprocheraient plus complètement de l'image exacte du peuplement forestier qui environnait la tourbière durant la période de sa formation.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mode de contamination du Poirier par les conidies de Venturia pirina Aderhold.* Note de M. **LOUIS GUYOMARD**, présentée par M. René Souèges.

Nous admettons aujourd'hui que les contaminations printanières des *Venturia* ont une origine différente chez le Pommier et chez le Poirier. Chez le Pommier elles seraient le fait des ascospores, issues des périthèces qui apparaissent dans les feuilles mortes au cours de l'hiver. D'après G. Chalaud, les ascospores seraient, en Bretagne, expulsées entre le 1^{er} et le 10 mai, suivant les années ⁽¹⁾. Chez le Poirier, on croit que les premières attaques viennent des conidies contenues dans les pustules des jeunes rameaux. La présente Note renferme un résumé de mes observations sur ce point dans la région de Saint-Brieuc.

I. Apparition des premières conidies. — 1. Cette année (1945), la végétation est restée en sommeil jusqu'au début de février. J'ai repéré, dans un jardin exposé au Midi

⁽¹⁾ C. R. du Congrès régional de la Pomme de Bretagne, Rennes, 1944, p. 56.

et contenant 15 variétés de Poirier, les rameaux portant des pustules encore fermées de *Venturia*.

2. Les premières pustules se sont ouvertes le 4 février, sur un rameau d'un an de *Doyenné du Comice* planté en espalier et exposé à l'Ouest. A l'intérieur des pustules, les conidiophores portent déjà en abondance des conidies bien développées.

3. Le 8 février, les pustules s'ouvrent sur les rameaux d'un an des fuseaux de la même variété, le 9 février sur les rameaux de *Duchesse d'Angoulême*; à partir du 10, avec des proportions variables, sur l'ensemble des Poiriers en observation.

4. Le 25 février, les pustules d'un fuseau contiennent à la fois des conidies de *Venturia* et des stromas conidifères de *Nectria ditissima* Tul. (Chancre du Poirier, *Fusarium Willkommii* Lind.) Au cours des journées suivantes, j'observe ce même fait dans plusieurs pustules et sur trois variétés sensibles au chancre.

Ces observations montrent que *les premières conidies de Venturia pirina Ad. apparaissent à la fin de l'hiver, bien avant les ascospores, dans les pustules des rameaux de l'année précédente.*

II. *Dissémination et germination des conidies.* — 5. Pour connaître le mode de sortie des conidies, je dépose à plusieurs reprises une goutte d'eau sur une pustule, puis je la reprends entre lame et lamelle; elle contient chaque fois un certain nombre de conidies.

6. Mais le temps resté sec jusqu'au 15 mars. Ce jour-là un épais brouillard couvre toute la région; des gouttes d'eau perlent aux branches; j'examine les gouttes placées à la base des rameaux, sous les pustules; elles renferment toutes des conidies, parfois en très grand nombre.

7. Les premières pluies tombent les 27 et 28 mars. Le 29, j'examine attentivement les bourgeons. Au-dessous des pustules, ils sont presque tous contaminés; les conidies sont engluées dans l'enduit résineux externe des écailles. A titre de contrôle, j'enlève quelques bourgeons et les balaie au pinceau dans une goutte d'eau. Je retrouve chaque fois des conidies dans la goutte. Le lendemain et les jours suivants, je tends un fil à plomb très fin partant des pustules et j'examine de la même manière les bourgeons placés sur son trajet, la plupart contiennent également des conidies.

8. Le 10 avril, petite averse; la température est beaucoup plus douce; le 11, le temps est redevenu beau. Je prélève des gouttes de rosée, qui perlent aux rameaux tavelés; elles contiennent des conidies en voie de germination. Les tubes germinatifs sont encore très courts: ils présentent environ deux fois la longueur de la spore.

9. Dans la journée du 12 avril, grosse averse; c'est la fin de la floraison pour la plupart des variétés; les feuilles commencent à s'étaler. Ce jour-là et les jours suivants j'observe un grand nombre de feuilles et de jeunes fruits; une très forte proportion de feuilles et de nombreux fruits sont déjà contaminés. A partir du 20 avril, les taches sont étendues, parfois un demi-centimètre carré, surtout sur les jeunes poires; dans les taches sont apparues des conidies de seconde génération en nombre considérable. On peut estimer que l'attaque bat maintenant son plein.

10. En même temps que j'étudiais le sort des conidies, je suivais le mode de formation et de développement des périthèces. Le 25 mars, on les reconnaissait facilement à la loupe, disposés en larges plages sur les feuilles mortes; la maturité n'est pas antérieure à fin avril; la première projection d'ascospores est du 26 avril, postérieure aux invasions.

III. *Conclusions.* — L'intérêt de ces observations pour la région est évident.

Au Congrès régional de la Pomme, G. Chalaud recommandait un traitement d'hiver supplémentaire et très tardif; pour lui les premiers traitements de printemps, toujours postérieurs au 10 mai, arrivent trop tard. Mes observations prouvent qu'il en est de même et à plus forte raison pour le Poirier où les attaques débutent dans la première semaine de février. Il conviendrait, à la fin de l'hiver (début de février), d'effectuer un traitement énergique, au besoin par badigeonnage pour les jeunes sujets. Un nouveau traitement, mais avec une bouillie plus faible et par pulvérisations, serait indiqué aux premiers beaux jours, lors de la germination des conidies. Comme ces dates doivent varier chaque année, il serait souhaitable qu'une station régionale d'avertissement prévint par radio les agriculteurs. De plus l'observation n° 4 prouve que les pustules de *Venturia* sont réellement, comme nous le pensons, une des portes d'entrée importantes du chancre du Poirier.

PHYSIOLOGIE. — *Effet correcteur, exercé sur les troubles neuromusculaires, des carences acidotiques par une carence alcalotique surajoutée.* Note de MM. **RAOUL LECOQ**, **PAUL CHAUCHARD** et M^{me} **HENRIETTE MAZOUÉ**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons montré antérieurement que les avitaminoses peuvent se subdiviser en deux types différents, celles qui présentent des troubles métaboliques acidotiques et excitent le système nerveux (diminutions des chronaxies), et celles qui, en raison de modifications tissulaires alcalotiques, le dépriment (allongement des chronaxies). De plus, nous avons été amenés à constater qu'une thérapeutique non spécifique, alcalinisante ou acidifiante, peut, suivant le cas, entraîner une amélioration plus ou moins prolongée de ces perturbations ⁽¹⁾. Il nous a semblé qu'on pourrait obtenir également des effets correcteurs en surajoutant à une carence donnée les effets d'une carence de type opposé.

Au moyen des régimes usuels, nous avons donc soumis de jeunes rats aux avitaminoses A, B et E, carences acidotiques. Ces régimes ne comportent pas habituellement d'adjonction de vitamine D; les animaux maintenus à la lumière en effectuant normalement la synthèse. Il suffisait donc de placer certains de nos sujets d'expérience à l'obscurité pour réaliser une avitaminose D stricte (rachitisme invisible) et rechercher si cette correction alcalogène agit favorablement sur les troubles des avitaminoses précé-

⁽¹⁾ R. LECOQ, *Thèse Pharm. sup.*, Paris, 1937; *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 189; **212**, 1941, p. 938; **215**, 1942, p. 510; P. CHAUCHARD, *Rev. scient.*, **79**, 1941, p. 620; *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 647; R. LECOQ, P. CHAUCHARD et M^{me} H. MAZOUÉ, *Bull. Ac. Méd.*, **127**, 1943, p. 348; *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 445; **138**, 1944, p. 408; *Rev. Pathol. comp. et Hyg. gén.*, **44**, 1944, p. 294; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **26**, 1944, pp. 79 et 175.

demment citées, les troubles nerveux étant appréciés comme d'ordinaire par la technique chronaximétrique. Inversement, nous avons étudié l'effet d'une carence en vitamines B surajoutant son action à celle de régimes alcalosiques producteurs de rachitisme invisible, eutrophique ou dystrophique.

La mise à l'obscurité des animaux assure le maintien des chronaxies nerveuses à la normale, longtemps après que les animaux restés à la lumière présentent une diminution sensible. Ainsi l'excitabilité neuromusculaire n'apparaît point encore troublée au bout de 2 mois 1/2 d'avitaminose A et de 25 jours d'avitaminose B. De même la mise à l'obscurité de sujets carencés en vitamines A, B ou E amène la guérison des troubles chronaxiques. Cette absence de troubles résulte bien d'un équilibre entre les deux carences opposées, car il suffit de donner aux animaux de la vitamine D ou de les exposer à la lumière pour faire apparaître ou disparaître très rapidement le raccourcissement des chronaxies nerveuses, ou encore de donner aux sujets maintenus à l'obscurité la vitamine spécifique de la carence pour que se manifeste aussitôt une augmentation de ces chronaxies, due à l'avitaminose D. Les résultats obtenus avec les régimes rachitiques, privés puis additionnés de vitamines B, viennent à l'appui des précédents.⁽²⁾

Le rétablissement de l'équilibre n'est, dans tous ces cas, que transitoire, car la carence acidotique continue d'évoluer sous le masque de la correction, et l'issue fatale survient, sans prolongation notable des survies; et les chronaxies nerveuses, dans la période terminale, se mettent à diminuer, en dépit de l'obscurité, jusqu'à la mort. Cependant l'adjonction de la vitamine A, B ou E fait encore apparaître le tableau chronaxique alcalosique, preuve que l'aggravation est bien liée à la carence acidotique, l'autre carence gardant ses effets latents.

De même que dans les thérapeutiques non spécifiques déjà étudiées⁽³⁾, il ne s'agit pas ici d'une correction véritable, mais d'une compensation plus ou moins durable des effets de la carence et de ses conséquences, par une carence inverse. Les troubles ne se suppriment pas, mais se compensent, neutralisant l'un l'autre leurs effets nerveux, pendant des temps plus ou moins prolongés. C'est bien ce que prouvent les survies non modifiées et les lésions spécifiques qui le plus souvent subsistent; il en est ainsi notamment de la xérophtalmie.

Ajoutons que, chez les sujets mis dès le début à l'obscurité, le tableau de l'avitaminose D est plus précoce que celui des autres carences et se réalise avant que d'être compensé, puis dépassé par le développement

⁽²⁾ *Société de Biologie*, 9 juin 1945.

⁽³⁾ R. LECOQ, P. CHAUCHARD et M^{me} H. MAZOUÉ, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 631.

de la carence acidifiante. Cependant, même quand le régime comporte un déséquilibre phosphocalcique, on n'observe pas de lésions osseuses rachitiques, car l'action hypetrophique de la carence superposée s'y oppose. Mis d'emblée à l'obscurité, les sujets, qui d'autre part reçoivent de la vitamine D, font non seulement les mêmes troubles que ceux mis à la lumière, mais les présentent encore plus précocement, en raison sans doute de l'effet acidifiant propre de la vitamine D.

Conclusions. — Les observations que nous apportons confirment l'existence de deux types d'avitaminoses : l'un acidosique, groupant les carences A, B, E; l'autre alcalosique, parmi lesquels se rangent les carences C et D.

Une carence alcalosique D, surajoutée à une carence acidosique A, B ou E, peut ainsi en corriger transitoirement les effets sur le système neuromusculaire.

Cette compensation non durable, comme toutes les thérapeutiques non spécifiques, se révèle beaucoup plus active que celle des thérapeutiques alcalinisantes *per os*, du fait que l'alcalinisation se trouve réalisée, comme l'acidification, par perturbation métabolique au sein même des tissus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la croissance de certaines Bactéries sur les antipodes optiques de l'alanine.* Note de M. JACQUES NICOLLE, présentée par M. Maurice de Broglie.

Dans des études similaires concernant l'arabinose et la valine (¹), je n'avais pu donner beaucoup de précisions par suite des circonstances exceptionnelles dans lesquelles les expériences avaient été réalisées. Je suis à même aujourd'hui de serrer le problème de plus près et de produire les courbes de croissance des bactéries. J'ai employé un milieu synthétique [que je nommerai *milieu S* (¹)], dans lequel les antipodes optiques de l'alanine ont successivement joué le rôle de source de carbone, d'azote, de carbone et d'azote réunis.

Les concentrations en alanine étaient de 10^{-4} à $6 \cdot 10^{-4}$ g/cm³, dans des flacons contenant 500 cm³ de milieu S, avec un brassage continu d'air comprimé filtré. Température de l'étuve 37°C. Les produits ont été purifiés par diverses recristallisations.

J'ai utilisé les cultures suivantes (²) : B. pyocyanique, B. Friedländer, B. coli B. Proteus, B. Typhi-murium, B. Gärtner, B. Para B, B. Eberth. B. subtilis, B. Flexner, qui ont été généralement prélevées au cours de la phase exponentielle. Les mesures des densités optiques en vue de construire les courbes de croissance ont été effectuées à l'aide de l'électrophotomètre de

(¹) *Comptes rendus*, 218, 1944, pp. 482, 857.

(²) Souches de l'Institut Pasteur.

Paul Meunier (mesures en lumière verte). Sur les figures on a porté en abscisses les heures et en ordonnées les densités optiques. On appellera *croissance totale* l'expression $M = x_{\max} - x_0$, (x_0 densité de la culture initiale, x_{\max} densité maximum atteinte au cours de la croissance).

a. *Alanine comme source de carbone*, n° 66 O. — Cette expérience a été réalisée à partir d'une culture de *Typhi-murium* de 6 heures prélevée sur gélose.

La courbe (1) résulte d'un ensemencement effectué en milieu S sans aucune source de carbone (témoin).

La courbe (2) indique un ensemencement effectué sur milieu S avec 0^g,0495 de *l*(+) alanine comme source de carbone dans 50^{cm}³ de milieu S complété à 450^{cm}³ d'eau bidistillée sur pyrex.

La courbe (3) indique un ensemencement effectué dans les mêmes conditions que pour la courbe (2) mais cette fois avec *l*(—) alanine.

On voit que la culture se développe d'abord sur l'antipode droit et que le maximum est atteint au bout de 37 heures ($M = 22,5$), tandis que pour l'antipode gauche le maximum se produit au bout de 90 heures ($M = 27,5$); les deux courbes se coupent après 77 heures 30 minutes.

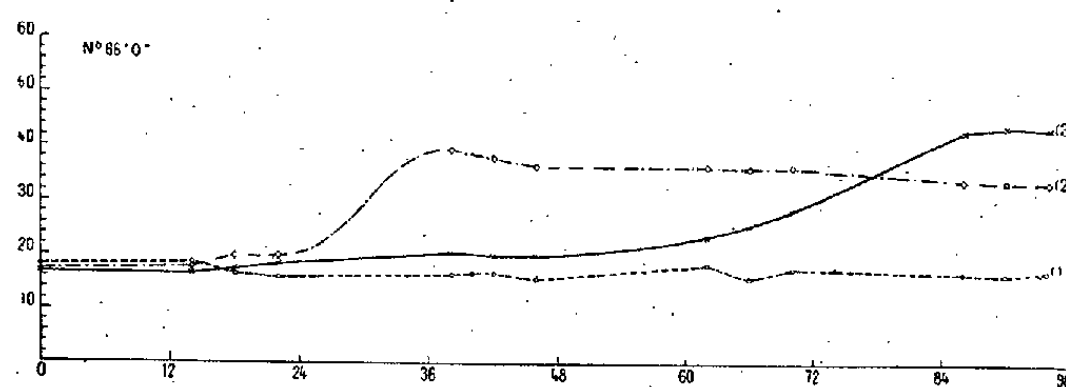


Fig. 1.

La forme des deux courbes est aussi très différente; pour la courbe (2) la croissance est normale (courbe exponentielle); pour la courbe (3) la croissance semble très difficile au début, il y a une très longue phase de latence puis une seconde partie de croissance (partie presque linéaire).

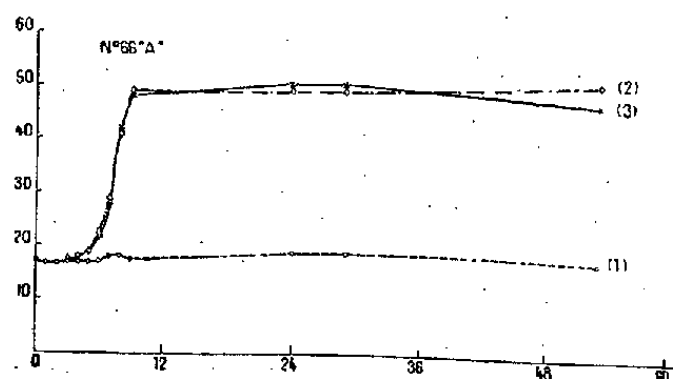


Fig. 2.

N° 66 A. — Cette expérience a été réalisée à partir d'une culture de *Typhi-murium* repiquée trois fois sur milieu S, avec, comme source de carbone, l'alanine *l*(—).

On voit alors que la croissance est pour les deux antipodes beaucoup plus rapide que dans l'expérience précédente, les deux courbes (2) et (3) sont pratiquement confondues, le maximum est atteint au bout de 9 heures [$M(2) = 32$; $M(3) = 33$]. La courbe (1) indique toujours le témoin cultivé sur milieu *S sans source de carbone*.

Des résultats semblables ont été obtenus avec le *Typhi-murium* ayant subi 33 passages sur *l*(—) alanine (un passage par 48 heures), les courbes (2) et (3) se confondent pratiquement.

b. Alanine comme source d'azote; c. Alanine à la fois comme source d'azote et de carbone. — Pour ces expériences j'ai utilisé principalement des cultures de *Typhi-murium* et de *Proteus* X 19 et j'ai obtenu des courbes de croissance analogues à celles relatives à l'alanine utilisée comme source de carbone soit avec la souche normale, soit après divers passages sur *l*(—) alanine.

Pour les expériences *a*, *b*, *c* la courbe du racémique se situe généralement entre celles des deux antipodes.

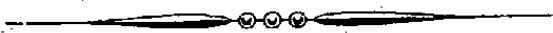
Nous voyons donc que les Bactéries employées peuvent utiliser les deux inverses de l'alanine, mais avec des vitesses différentes [$(V_{(2)}/V_{(3)}) \sim 2$] et suivant des modes différents, ce qui semble indiquer qu'il y a pour le cas de *l*(—) formation d'enzymes adaptatifs, ce qui est confirmé par les expériences du type *A* alors que dans le cas de *l*(+) les enzymes constitutifs suffisent. L'antipode le plus favorable *l*(+) est celui qui se trouve dans la nature à l'état libre.

J'attends le résultat d'autres expériences pour discuter des questions particulières à la symétrie.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUIN 1945.

PRÉSIDENTE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Le potassium dans l'eau de pluie.*

Note de M. GABRIEL BERTRAND.

Zimmermann croyait, d'après une citation de Liebig ⁽¹⁾, que l'eau de pluie renferme, à côté d'une matière organique qu'il avait appelée *pyrrhine*, du manganèse, du fer, de l'acide carbonique, de la chaux, du chlorure de potassium et point de chlorure de sodium. Liebig reprit cette étude. En deux ans, il analysa 77 résidus d'évaporation d'autant de différentes eaux de pluie, recueillies dans des vases de porcelaine et évaporées à une douce chaleur : « ils contenaient tous, suivant lui, du muriate de sodium et pas une trace de potasse » ⁽²⁾.

En 1851, Isidore Pierre a recueilli à Caen une certaine quantité d'eau tombée à une distance de 30 à 40^{km} de la mer, dans le but spécial d'y doser le sel ⁽²⁾. En évaporant 5 litres de cette eau dans une capsule de porcelaines il obtient 123^{mg} de résidu dans lequel il pensa avoir trouvé, entre autre, substances :

Chlorure de sodium.....	22 ^{mg} ,03	Sulfate de sodium.....	4 ^{mg} ,94
» potassium....	4 ^{mg} ,80	» potassium.....	4 ^{mg} ,68

Une telle discordance entre les résultats de Liebig et ceux d'Isidore Pierre ne semble pas avoir frappé beaucoup Barral, qui s'est livré, un peu plus tard, à une étude cependant minutieuse de la composition chimique de l'eau de pluie récoltée à l'Observatoire de Paris. Barral a fait porter surtout ses expériences, il est vrai, sur l'acide nitrique et sur l'ammoniaque contenus dans l'eau, mais il a recherché et dosé aussi d'autres substances, comme le chlore et le calcium. Quant à « la recherche de la potasse, » estimait-il « dont l'existence dans les deux eaux de pluie a été indiquée par les uns, mais aussi a été contestée par les autres, elle ne nous a pas paru

⁽¹⁾ *Ann. Chim. Phys.*, 2^e série, **35**, 1827, p. 329.

⁽²⁾ *Ann. agron.*, **1**, 1851, p. 471.

pouvoir être entreprise par nos procédés analytiques. Le verre des vases récipients et des cornues de distillation cède des quantités de cet alcali tout à fait comparables à celles que l'on retrouve par l'analyse. Dans de pareilles conditions, alors que nous ne pouvions monter des appareils complètement en platine ou en autre métal suffisamment inattaquable, nous n'avons pas cru devoir consacrer à une recherche qui a toujours laissé des doutes une portion de la petite quantité de matière que nous pouvions soumettre à nos opérations analytiques » ⁽³⁾.

Dans ma dernière publication sur la magnésium de l'eau de pluie ⁽⁴⁾, j'étais arrivé à reconnaître que, si une petite proportion de ce métal était due à des poussières d'origine terrestre, la plus grande partie ne pouvait provenir que d'une source dans laquelle le rapport du magnésium au calcium est beaucoup plus élevé que dans la craie blanche et les autres roches calcaires. Et j'ai fait observer, en terminant, que l'apport de fines particules d'eau de mer transportées par le vent satisferait très bien cette condition. Si je ne suis pas allé jusqu'à admettre qu'il s'agissait réellement d'eau de mer, c'est à cause de l'affirmation si catégorique de Liebig quant à l'absence du potassium dans l'eau de pluie. Étant donné, en effet, que l'eau des océans renferme environ 30 parties de potassium pour 100 de magnésium, il ne me paraissait pas possible de conclure à un apport d'eau de mer avant de m'être assuré si le potassium accompagne ou non le magnésium dans l'eau de pluie. C'est pourquoi j'ai repris à mon tour l'étude de cette question controversée.

D'après mes expériences de 1935-1936 et de 1940-1941, portant chacune sur quatre trimestres consécutifs ⁽⁵⁾, la quantité de magnésium contenue dans l'eau de pluie tombée à Paris a varié d'un trimestre à un autre et même d'une année à l'autre; et l'on calcule qu'elle a été, en moyenne, pour ces deux années, d'environ 1^{mg},2 par litre d'eau. Même en admettant, pour simplifier, que tout ce métal ait été d'origine océanique, comme le rapport du potassium au magnésium est dans l'eau de mer très voisin de 3 à 10, on ne peut s'attendre à trouver que quelques dixièmes de milligramme du métal alcalin par litre; en outre cette faible quantité est noyée dans un poids relativement élevé d'un mélange salin complexe. On comprend par là que la recherche et le dosage du potassium dans les eaux météoriques doivent représenter des opérations plutôt difficiles, mais on entrevoit, en même temps, les conditions dans lesquelles il faut se placer pour entreprendre ces opérations avec quelque chance de succès.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 34, 1852, p. 283 et *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, 12, 1854, pp. 265-339.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 14.

⁽⁵⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 701.

J'ai réalisé deux séries de déterminations analytiques, l'une à partir d'un échantillon d'eau récoltée sur la terrasse de l'Institut Pasteur à Paris, vers le milieu du second semestre de l'année 1942, et l'autre à partir d'un échantillon d'eau récoltée au même endroit et à peu près à la même époque l'année suivante. Cette période de l'année a été utilisée de préférence parce que la pluviosité étant abondante et la température peu élevée; il était possible de recueillir une quantité d'eau relativement importante en un temps court, avec un développement réduit des microorganismes et une attaque négligeable des récipients.

L'eau était rassemblée, par l'intermédiaire d'un entonnoir de verre de 35^{cm} de diamètre, dans des flacons de verre de 7 à 8 litres de capacité, dont la résistance à l'action dissolvante de l'eau avait été éprouvée. Une rondelle de porcelaine perforée, placée au fond de l'entonnoir, s'opposait à l'entrée possible des insectes. De plus le flacon en service était placé dans une caisse qui le protégeait contre le rayonnement direct du soleil.

Examen du premier échantillon d'eau. — La quantité recueillie en deux flacons, exposés successivement sur la terrasse, a été de 15 248^g. Le liquide a été séparé de son dépôt par filtration à la trompe à travers deux rondelles superposées de papier Berzelius, puis réduit par distillation dans le vide à environ un demi-litre. L'eau concentrée, restée limpide, a été transvasée dans une fiole jaugée d'un litre, ce volume étant complété avec les eaux de lavage des flacons et du ballon distillatoire. Cette préparation préliminaire a permis de prélever des portions aliquotes convenables pour les divers dosages en vue (*).

C'est ainsi qu'une première portion (a) de 200^{cm³} a servi à doser l'ensemble des substances dissoutes, puis les cendres totales et, dans ces cendres, successivement le chlore des chlorures et le soufre sulfatique.

Dans une deuxième portion (b), également de 200^{cm³}, les dosages du chlore et du soufre ont été recommencés, mais sans évaporation et incinération préalables.

Les liqueurs provenant de (a) et de (b) ont été ensuite réunies, concentrées, débarrassées des métaux alcalinoterreux et du magnésium, et c'est dans la solution ainsi purifiée que le potassium a été dosé par le chlorure de platine. On a obtenu 0^g,0093 de chloroplatinate, correspondant à 0^g,00374 de potassium pour la totalité de l'eau de pluie.

A titre de vérification une troisième portion (c) de 400^{cm³} a été prélevée et, dans cette nouvelle portion, on a procédé successivement aux dosages de l'extrait sec, des cendres, de la silice, du calcium et du magnésium, puis, finalement, du potassium. Le poids du chloroplatinate obtenu a été de 0^g,0090, équivalent à 0^g,00362 de potassium pour la totalité de l'eau.

(*) On trouvera les détails dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

Examen du second échantillon d'eau. — Cet échantillon a été recueilli dans les mêmes conditions que le premier, mais avec trois flacons. On a réuni de la sorte 17599^g d'eau. Après filtration au papier Berzélius et concentration par distillation dans le vide, on a évaporé à sec dans une capsule de platine. Il est resté 0^g,604 d'extrait total. Tout cet extrait a été utilisé en une fois pour la détermination du potassium.

Après élimination des substances autres que les sels alcalins, substances dont le dosage a été laissé cette fois de côté, le sodium et le potassium ont été amenés à l'état de chlorures et, comme plus haut, le métal cherché a été précipité par le chlorure de platine. On a pesé 0^g,0484 de chloroplatinate, représentant 0^g,0078 de potassium pour la totalité de l'échantillon d'eau.

En raison des précautions, vérifiées efficaces, qui ont été prises pour éviter l'introduction d'une quantité de potassium susceptible de fausser le résultat final : concentration des échantillons dans le vide, eau pure servant aux lavages, réactifs préparés et contrôlés au laboratoire etc., on peut dire, en s'appuyant sur les expériences qui viennent d'être sommairement rapportées, qu'il existe des quantités pondérables de potassium dans l'eau de pluie de la région parisienne. Il en a été dosé environ 0^{mg},2 par litre dans l'eau récoltée en automne 1942 et environ 0^{mg},4 par litre dans celle recueillie à peu près à la même époque en 1943.

Une première conséquence de ce résultat est que l'on ne peut plus opposer l'absence du potassium dans l'eau de pluie à l'apport dans cette dernière de particules d'origine océanique.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la mesure des mobilités des porteurs de charge dans les semi-conducteurs réels.* Note de MM. **GEORGES REBOUL** et **JEAN-LOUIS ECK**.

Une étude des semi-conducteurs solides et liquides, poursuivie depuis une vingtaine d'années, nous a amenés à expliquer les particularités de ces corps par des causes multiples dont les principales sont les suivantes :

1^o Contrairement à ce qui se passe en électrolyse, au lieu de préexister dans le semi-conducteur avant l'application du champ électrique, un certain nombre des porteurs de charge, auxquels est dû le passage du courant, prennent naissance sous l'action des divers facteurs intervenant dans l'expérience : tension, intensité du courant, nature des électrodes etc.

2^o Ces porteurs de charge ont une très faible mobilité. Dans les liquides notamment cela tient à ce que ce sont de *gros ions*, analogues à ceux que Langevin a découverts dans les gaz ; leur mobilité, environ dix fois moindre que celle des ions de l'électrolyse, montre que ces porteurs sont formés par des conglomerats moléculaires.

Cette mobilité, qui joue dans le phénomène un rôle essentiel, peut se mesurer

comme il suit. La théorie montre que l'intensité I qui traverse l'unité de surface du semi-conducteur, à la distance x et au temps t après que l'on a établi la tension, est donnée par l'équation

$$\frac{dI}{dt} = -E\varepsilon \left(k_1 \frac{\partial^2 n_1}{\partial x \partial t} + k_2 \frac{\partial^2 n_2}{\partial x \partial t} \right) + mE\varepsilon(k_1 + k_2),$$

dans laquelle n_1 et n_2 représentent, aux points d'abscisse x , les concentrations en ions $+$ et $-$, k_1 et k_2 leurs mobilités, E le champ électrique, ε la charge élémentaire supposée portée par chaque ion, m le nombre de paires d'ions apparaissant dans le liquide, par centimètre cube et par seconde, sous l'action des divers facteurs expérimentaux.

Pour résoudre cette équation, il faut connaître, à chaque instant et en chaque point de la colonne semi-conductrice, les valeurs des concentrations en ions n_1 et n_2 .

Dans le cas de champs faibles la diffusion des ions est suffisante pour rendre la distribution des charges uniforme en tout point du liquide. Quand le champ est fort cette uniformité n'est réalisée que dans les premiers instants de l'expérience, les différences entre n_1 et n_2 n'ayant pas encore eu le temps de s'établir.

S'il y a uniformité des charges l'équation peut alors s'écrire

$$\frac{dI}{dt} = -E(k_1 + k_2) \frac{I}{l} + mE\varepsilon(k_1 + k_2),$$

l étant la distance séparant les deux électrodes. Dans ce cas la solution de l'équation est

$$(1) \quad I - I_\infty = (I_0 - I_\infty) e^{-kt},$$

avec

$$k = (k_1 + k_2) \frac{E}{l} \quad \text{et} \quad I_\infty = m\varepsilon l.$$

Or l'expérience montre qu'avec des champs faibles les variations de l'intensité en fonction du temps sont données par une relation de forme (1); de sorte que le coefficient angulaire de la droite qui représente graphiquement les résultats en coordonnées semi-logarithmiques a même valeur que la somme $(k_1 + k_2)$ des mobilités des porteurs $+$ et $-$.

Dans le cas de champs forts, il faut prendre le coefficient angulaire de la tangente à l'origine de la courbe expérimentale $\text{Log}(I - I_\infty) = f(t)$.

Si, après que l'on a atteint le courant limite I_∞ , on inverse la tension, on constate que l'intensité du courant croît d'abord en fonction du temps, pour tendre vers une valeur limite généralement la même que I_∞ . L'interprétation théorique de ce résultat montre que k_1 et k_2 ont des valeurs très voisines et, en opérant séparément sur les portions de liquide placées dans le voisinage des électrodes, on peut faire des déterminations directes de k_1 et de k_2 , permettant de contrôler les résultats donnés par la première méthode.

Ainsi, avec des échantillons de nitrobenzène, on obtient en μ les valeurs suivantes :

$k_1 + k_2$	k_1	k_2
1,83	0,96	0,88
0,9	0,56	0,44
1,83	0,93	0,9

Les mobilités ainsi trouvées varient d'un échantillon à l'autre suivant leur état de pureté, elles diminuent à mesure du vieillissement du corps; dans l'exemple précédent, on voit qu'elles varient du simple au double ($0^{\mu},5$ à 1^{μ}).

On peut, des valeurs de ces mobilités, déduire les dimensions d'encombrement des ions. Dans le cas du nitrobenzène, si l'on admet que les ions sont porteurs de la charge élémentaire, on trouve, avec les valeurs précédentes, qu'ils sont formés par des assemblages de molécules pouvant en comprendre 2 ou 3 au minimum et une quarantaine au maximum.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *Tullio Levi-Civita*, décédé.

A l'unanimité des suffrages, M. **WALTER SYDNEY ADAMS** est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **RENÉ DE POSSEL** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.

CALCUL SYMBOLIQUE. — *Équations intégrales de Fredholm et calcul symbolique.*
Note de M. **MAURICE PARODI**.

On sait que le calcul symbolique se prête à la résolution d'équations intégrales de Volterra dont le noyau appartient au groupe du cycle fermé. Nous allons montrer qu'il permet la résolution d'équations de Fredholm du type

$$(1) \quad \int_0^\infty K(y, z) f(z) dz = F(y),$$

$f(x)$ étant la fonction inconnue, pourvu que le noyau satisfasse à l'équation intégrale

$$g(x)^{\nu+1} e^{-g(x)z} = \int_0^\infty e^{-xy} K(y, z) dy \quad (\nu, \mu > 0).$$

Faisons une transformation de Laplace sur les deux membres de (1), la transformation étant effectuée par rapport à y ; il vient

$$g(x)^{\nu+1} \int_0^\infty e^{-g(x)z} f(z) dz = \theta(x),$$

où $\theta(x) \in F(y)$.

En introduisant l'image $\varphi(x)$ de $f(z)$, l'équation précédente peut s'écrire

$$\varphi[g(x)^\mu] = \frac{\theta(x)}{g^{\nu+1}(x)}.$$

Posons

$$g(x)^\mu = t, \quad g(x) = t^{\frac{1}{\mu}}, \quad \text{d'où } x = \psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right);$$

on obtient

$$(2) \quad \varphi(t) = \frac{\theta\left[\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)\right]}{t^{\frac{\nu+1}{\mu}}}.$$

Déterminons l'original $f(y)$ de $\varphi(t)$.

A cet effet, nous allons tout d'abord chercher l'original de $\theta\left[\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)\right]$ en employant une méthode indiquée par M. Bayard (1).

Soit $f_\psi(z)$ l'original de $\theta\left[\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)\right]$, on a

$$(3) \quad \theta\left[\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)\right] = \int_0^\infty e^{-ty} f_\psi(y) dy = \int_0^\infty e^{-z\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)} F(z) dz.$$

Supposons que $f_\psi(y)$ soit de la forme

$$f_\psi(y) = \int_0^\infty F(z) H(y, z) dz.$$

En portant cette expression dans (3), il vient

$$\theta\left[\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)\right] = \int_0^\infty e^{-ty} dy \int_0^\infty F(z) H(y, z) dz = \int_0^\infty e^{-z\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)} F(z) dz,$$

d'où l'on déduit l'équation intégrale en $H(y, z)$

$$e^{-z\psi\left(t^{\frac{1}{\mu}}\right)} = \int_0^\infty e^{-ty} H(y, z) dy.$$

$H(y, z)$ étant ainsi déterminée, $f_\psi(y)$ est connue.

Comme, d'autre part, on a

$$t^{\frac{\nu+1}{\mu}} \in \frac{y^{\frac{\nu-\mu+1}{\mu}}}{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{\mu}\right)},$$

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 27.

l'équation (2) donne immédiatement la solution de (1)

$$f(y) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{\mu}\right)} \int_0^y (y-\tau)^{\frac{\nu+1-\mu}{\mu}} f_\psi(\tau) d\tau.$$

Application.

$$g(x) = \frac{1}{x} \quad (\nu > \mu, \text{ entiers}).$$

On a par suite

$$K(y, z) \supset \frac{1}{x^{\nu+1}} e^{-\frac{z}{x^\mu}} = \frac{1}{x^{\nu-\mu+1}} \left[\frac{1}{x} e^{-\frac{z^{\frac{1}{\mu}}}{x}} \right]^\mu.$$

Comme

$$J_0\left(2\sqrt{\frac{1}{z^\mu}y}\right) \supset \frac{1}{x} e^{-\frac{1}{x}},$$

il vient

$$K(y, z) = \int_0^y \int_0^{y-\tau_1} \dots \int_0^{\tau_2} \int_0^{\tau_1} J_0\left(2\sqrt{\frac{1}{z^\mu}y_1}\right)^\mu dy_1 dy_2 \dots dy_{\nu-\mu} dy,$$

* étant le symbole du produit de composition.

Avec les notations indiquées plus haut, on obtient

$$\varphi(t) = \frac{\theta\left(\frac{1}{t^\mu}\right)}{t^{\frac{\nu+1}{\mu}}}.$$

Comme

$$H(y, z) \supset e^{-\frac{z}{t^\mu}} = \sum_{n=0}^{n=\infty} (-1)^n \frac{z^n}{n!} \frac{1}{t^{\frac{n}{\mu}}},$$

on a

$$H(y, z) = \sum_{n=0}^{n=\infty} (-1)^n \frac{z^n}{n!} \frac{y^{\frac{n}{\mu}-1}}{\Gamma\left(\frac{n}{\mu}\right)}.$$

Ainsi

$$f_\psi(y) = \int_0^\infty F(z) \sum_{n=0}^{n=\infty} (-1)^n \frac{z^n}{n!} \frac{y^{\frac{n}{\mu}-1}}{\Gamma\left(\frac{n}{\mu}\right)} dz$$

et

$$\begin{aligned} f(y) &= \frac{1}{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{\mu}\right)} \int_0^y (y-\tau)^{\frac{\nu-\mu+1}{\mu}} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{n!} \frac{\tau^{\frac{n}{\mu}-1}}{\Gamma\left(\frac{n}{\mu}\right)} \int_0^\infty F(z) z^n dz \\ &= y^{\frac{\nu-\mu+1}{\mu}} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{(-1)^n}{n!} \frac{y^{\frac{n}{\mu}}}{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{\mu} + \frac{n}{\mu}\right)} \int_0^\infty F(z) z^n dz. \end{aligned}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension d'une inégalité de M. Ahlfors*. Note de M^{lle} JACQUELINE FERRAND, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les applications de la deuxième inégalité de M. L. Ahlfors ⁽¹⁾ sont rendues difficiles tant par son expression compliquée que par les hypothèses très restreintes dans lesquelles elle a été établie. M. J. Dufresnoy ⁽²⁾ a déjà pu étendre cette inégalité, sous sa forme primitive, à un domaine non symétrique. Nous allons montrer qu'on peut de beaucoup simplifier la démonstration de M. Dufresnoy, et remplacer l'hypothèse de variation totale bornée par des hypothèses plus larges. Les applications de l'inégalité, ainsi améliorée, au problème de la dérivée angulaire donnent des conditions suffisantes, se rapprochant beaucoup de la condition nécessaire antérieurement établie ⁽³⁾.

Soit à représenter, sur la bande $B[|\nu| < \pi/2]$ du plan $\omega = u + i\nu$, un domaine G du plan $z = x + iy$, seulement assujéti aux conditions suivantes : G admet deux points frontières accessibles à l'infini, l'un α dans la direction $x > 0$, l'autre β dans la direction $x < 0$, et toute droite $x = \text{const.}$ détermine dans G une coupure et une seule Θ_x séparant α de β . Nous supposons que α et β correspondent respectivement aux points $u = +\infty$ et $u = -\infty$ de B ; nous désignons par Γ_u l'image dans G de la coupure $u = \text{const.}$ de B , par Γ_u^* la portion de Γ_u contenue dans le noyau G^* de G [domaine balayé par Θ_x], par $x(u)$ l'abscisse de la coupure Θ qui limite avec l'axe imaginaire et la frontière de G^* la même aire que Γ_u^* . Soient enfin $\Theta(x)$ la longueur de Θ_x et $\bar{\Theta}(x)$ la longueur minima d'une coupure de G^* rencontrant Θ_x . Une simple application de l'inégalité de Schwarz montre que, quels que soient u' et u'' ($u'' > u'$), on a

$$(1) \quad u'' - u' \leq a \int_{x(u')}^{x(u'')} \frac{\Theta(x) dx}{\bar{\Theta}^2(x)}.$$

On connaît mal la fonction $x(u)$, mais on sait qu'elle est croissante et comprise entre les abscisses extrêmes $x_1(u)$, $x_2(u)$ des points de Γ_u^* , ce qui suffit pour les applications.

Exemple. — L'inégalité (1) montre que le domaine Δ formé par la réunion des secteurs

$$\rho_n \leq |\zeta| \leq \rho_{n+1}, \quad -\frac{\pi}{2} + h_n < \arg \zeta < \frac{\pi}{2} + h_n,$$

avec $(\rho_{n+1}/\rho_n) > k > 0$, est valable sous la seule condition de convergence de la série $\Sigma \rho_n^{3/2}$, où $\rho_n = |h_{n+1} - h_n|$ [la condition nécessaire déduite de nos résultats antérieurs étant la convergence de $\Sigma \rho_n^2$].

Il est facile de montrer à partir de (1) que, si $\Theta(x) < L$, $\bar{\Theta}(x) > l$ et si $V(x)$ est la somme des variations des fonctions $y_1(x)$ et $y_2(x)$ comptées à partir

⁽¹⁾ *Acta Soc. Sc. Fennicae*, 1, ix, 1930.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 189.

⁽³⁾ J. FERRAND, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 507.

d'une origine fixe (notations de M. Dufresnoy), on a (pour $x'' > x'$)

$$(2) \quad u_1(x'') - u_2(x') \leq a \int_{x'}^{x''} \frac{dx}{\Theta(x)} + \frac{4L^2 a}{l^3} [V(x'' + L) - V(x' - L)],$$

ou, si $\Omega(x)$ désigne la somme des oscillations de $y_1(x)$ et $y_2(x)$ dans l'intervalle $x - L, x + L$,

$$(3) \quad u_1(x'') - u_2(x') \leq a \int_{x'}^{x''} \frac{dx}{\Theta(x)} + \frac{2La}{l^3} \int_{x'}^{x''} \Omega(x) dx.$$

Soit x_1, x_2, \dots, x_n une suite telle que $0 < h < x_{n+1} - x_n < k$ ($h, k = \text{const.}$). Désignons par v_n la somme des variations totales de $y_1(x)$ et $y_2(x)$ sur le segment $x_n \leq x \leq x_{n+1}$.

On peut démontrer les inégalités

$$(4) \quad u_1(x'') - u_2(x') \leq \int_{x'}^{x''} \frac{a dx}{\Theta(x)} + B \int_{x'-4L}^{x''+4L} \frac{|y'_1(x)|^2}{1 + |y'_1(x)|} dx + B \int_{x'-4L}^{x''+4L} \frac{|y'_2(x)|^2}{1 + |y'_2(x)|} dx,$$

$$(5) \quad u_1(x'') - u_2(x') \leq \int_{x'}^{x''} \frac{a dx}{\Theta(x)} + C \sum_{n=i-1}^{j+1} v_n^2 \log^2 v_n$$

(A, B, C étant trois constantes, i et j étant déterminés par $x_i < x' < x'' < x_j$).

L'inégalité (5) montre que le domaine Δ de l'exemple cité est valable sous la seule condition de convergence de la série $\sum v_n^2 \log^2 v_n$.

Pour remplacer, dans les premiers membres des inégalités (2), (3), (4), (5), $u_1(x'') - u_2(x')$ par $u_2(x'') - u_1(x')$, il suffit d'ajouter au deuxième membre le terme $8L^2 a/l^2$, ou, si G provient, par la transformation $z = \log Z$, d'un domaine Δ satisfaisant aux conditions de semi-conformité de M. Ostrowski, un terme $\varepsilon(x', x'')$ qui tend vers zéro lorsque x' et x'' tendent vers $+\infty$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une connexion possible entre la formation des taches et celle des protubérances solaires.* Note de M. et M^{me} L. D'AZAMBUJA, présentée par M. Henri Deslandres.

Dans une étude récente (*Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1128, et *L'Astronomie*, 55^e année, 1941, pp. 217, 247 et 265) relatives aux longues lignes sombres ou *filaments* qui, sur les spectrohéliogrammes de la chromosphère supérieure, marquent la projection des protubérances sur le disque solaire, nous avons montré que ces formations naissent dans les *zones royales*, comme les taches, se développent ensuite en progressant vers les hautes latitudes, puis se fragmentent et finissent par disparaître, après avoir traversé quatre ou cinq fois l'hémisphère visible. Au moment où on les observe pour la première fois, les filaments ne dépassent pas quelques degrés héliographiques de longueur; à partir de leur deuxième passage, quand ils se sont assez développés pour que leur direction soit aisée à déter-

miner, on remarque que celle-ci ne diffère pas notablement de celle d'un méridien, de plus en plus déformé par le ralentissement polaire de la vitesse angulaire de rotation du Soleil, tel qu'il résulte de l'observation des taches. Dans l'hypothèse qu'aucune autre cause que ce ralentissement n'a agi sur les filaments entre leur apparition et leur second passage, on déduit que leur direction initiale doit être celle d'un méridien âgé de 20 jours, ou 0,8 rotation de l'astre sur-lui même.

Nous avons signalé également que, une fois sur deux environ, les filaments se forment dans les *plages faculaires* qui accompagnent les taches. Ils apparaissent alors presque toujours du côté opposé à l'équateur par rapport à celles-ci et se dirigent sensiblement vers elles, sans toutefois les atteindre, en général. Cette particularité méritait une attention spéciale et nous nous sommes proposé de déterminer avec plus de précision les positions relatives moyennes des deux phénomènes, ainsi que l'intervalle de temps s'écoulant entre la formation de la tache et celle du filament. L'étude a porté sur une centaine de cas, relevés entre 1919 et 1930, période pour laquelle le catalogue des filaments distincts poursuivi à Meudon est complètement achevé. Les coordonnées des taches et leurs époques de formation ont été tirées des *Photoheliographic Results* publiés par l'Observatoire de Greenwich. Il ressort de nos mesures de position : 1° que le prolongement du filament passe, dans la moitié des cas, à moins de 1° de la tache et qu'il ne s'en écarte jamais de plus de 5°; 2° que l'extrémité équatoriale du filament s'arrête, en moyenne, à 3°,8 de la tache. Le retard de l'apparition des filaments sur celle des taches ne pouvait être connu avec précision que lorsque les deux phénomènes se formaient l'un et l'autre pendant la traversée du disque. Mais, si nous nous bornions à retenir ces cas, les retards voisins de une demi-rotation, une rotation et demie etc., inobservables ou difficilement observables, n'entraient que pour une faible part dans les résultats. Nous avons donc introduit également les cas où l'un des phénomènes s'était formé dans l'hémisphère invisible. Le retard n'était plus connu qu'à une demi-rotation près, mais les nouvelles valeurs observables, s'intercalant entre les précédentes, comblaient, dans une certaine mesure, les lacunes laissées par celles-ci. Finalement les retards, classés par valeurs croissantes, se répartissent suivant une courbe qui présente un maximum très accentué à 0,8 rotation, 70 % de ces valeurs étant comprises entre 0,4 et 1,2 rotation.

Il est remarquable que le retard moyen corresponde, autant que permet d'en juger l'approximation, forcément assez grossière, de la détermination, au temps que met un méridien à s'orienter comme un filament à sa première apparition. Ce fait, et la relation étroite de position entre l'extrémité équatoriale du filament et la tache associée, suggèrent que les deux phénomènes sont produits simultanément par une cause locale unique, le

filament naissant en direction du pôle et n'émergeant au-dessus de la chromosphère qu'une vingtaine de jours après sa formation.

Cependant, la moitié seulement des filaments paraît ainsi en connexion avec les taches, l'autre moitié ne leur semblant liée que par la similitude de leur latitude de formation. D'autre part les travaux de divers auteurs, de P. C. Keenan notamment (*Astrophysical Journal*, 82, 1935, p. 369), ont montré que la matière des protubérances est sollicitée par des centres d'attraction situés dans la chromosphère et, le plus souvent, sont localisés dans l'ombre ou la pénombre des taches. L'existence de tels centres a été pleinement confirmée par les reconstitutions cinématographiques récentes de B. Lyot et de R. R. Mc Math. Ils auraient la faculté d'attirer les protubérances à une distance pouvant atteindre 200 000^{km}. Dès lors les relations de position mises en évidence dans notre travail seraient peut-être dues simplement au fait que, au moment de sa formation, le filament se trouvait dans la zone d'attraction d'une tache. Néanmoins son orientation habituelle et la constance relative du retard estimé plus haut, laissent subsister l'idée qu'il existe entre les deux phénomènes autre chose qu'une relation fortuite.

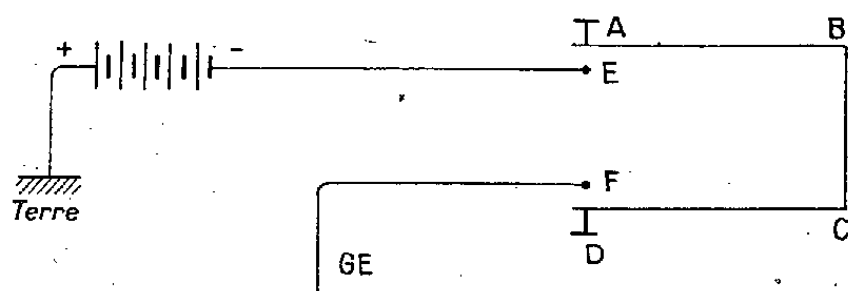
Cette question pourra sans doute être mieux éclaircie quand on aura réalisé l'enregistrement cinématographique régulier de la chromosphère, qui, seul, permet de bien reconnaître le sens du mouvement des vapeurs. Il faudrait seulement que cet enregistrement se fit avec la coopération de nombreux observatoires répartis autour du Globe, afin que nulle interruption, due à la nuit ou au mauvais temps, ne vînt rompre la continuité du film résultant, pendant les premiers jours de l'observation des filaments.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Mesure du rapport de deux faibles capacités à l'aide d'une bigrille-électromètre.* Note de M. JEAN LACAZE, présentée par M. Camille Gutton.

I. *Principe.* — J'utilisais (à Tamanrasset) une bigrille ordinaire (le verre est, en général, un isolant acceptable au Sahara), dont la grille extérieure GE était isolée, la plaque P fortement négative, la grille intérieure GI légèrement positive. Le potentiel d'équilibre de GE est alors rapidement atteint. Toute charge négative apportée à GE provoque une variation brusque du courant de GI (une charge positive amènerait une intervention trop importante des charges spatiales). Si GE est reliée à un conducteur extérieur également isolé et protégé électrostatiquement, la charge se répartit entre GE et le conducteur. Il y a relation linéaire entre la variation du potentiel de GE, déduite de celle du courant de GI, et la variation de la capacité extérieure reliée à GE.

II. *Appareils et montage.* — La charge utilisée est celle que prend la partie ABCD de l'interrupteur lorsque la partie AB est appuyée sur E, en

présence du conducteur reliant F à GE, conducteur qui se trouve au potentiel de GE. Cette charge est donc toujours la même, même lorsque GE est reliée à d'autres conducteurs isolés, ceux-ci formant armatures de condensateurs, dont les autres armatures sont au sol.



III. *Phénomène d'influence électrostatique.* — 1° On voit qu'à l'intérieur de la bigrille, que GE soit ou non reliée à une paire de quadrants d'un électromètre, dont l'autre paire est à un potentiel égal et de signe opposé à celui de GE et l'aiguille au sol, la variation de potentiel de GE est proportionnelle à sa variation de charge (cet exemple est celui de mes expériences).

2° Soient C_0 la capacité de GE, du fil qui la relie à la partie F de l'interrupteur, et du fil qui va de F à la capacité variable reliée à GE; C_1 et C_2 , deux capacités extérieures, à comparer.

Il est facile de démontrer que la charge de chacune des parties du conducteur relié à GE est proportionnelle à sa capacité.

IV. *Pratique de la méthode.* — La charge est choisie de façon à obtenir une observation sûre d'un galvanomètre à amortissement critique. On mesure les variations correspondant à C_0 , $C_0 + C_1$, $C_0 + C_1 + C_2$. On a

$$\begin{aligned} Q &= C_0 \Delta V_0, \\ &= (C_0 + C_1) \Delta V_1, \\ &= (C_0 + C_1 + C_2) \Delta V_2, \end{aligned}$$

Q , ΔV_0 , ΔV_1 , ΔV_2 , ayant des significations immédiates, d'où

$$\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{\Delta V_2 (\Delta V_0 - \Delta V_1)}{\Delta V_1 (\Delta V_0 - \Delta V_2)},$$

Q et C_0 n'interviennent donc pas.

IV. *Causes d'erreur.* — 1° Dans mes expériences les déplacements brusques de ma main ne se sont pas révélés gênants, et il n'y a pas eu variation des caractéristiques de la lampe, l'ensemble des opérations précédentes ne demandant pas beaucoup de temps.

2° Les contacts doivent être très propres, et les chocs francs, sans être brutaux.

3° Il faut faire le plus grand nombre de mesures possibles du courant de GI, pour diminuer l'importance de l'erreur de lecture du galvanomètre.

4° Il est inutile d'attendre le retour de GE à son potentiel d'équilibre après un choc, car on constate que la différence entre la valeur de départ et la valeur de retour du courant de GI est inférieure à l'erreur moyenne de lecture.

SPECTROSCOPIE. — *Détermination de la température par distribution d'intensité des bandes dans un système.* Note ⁽¹⁾ de M^{me} RENÉE HERMAN, présentée par M. Charles Fabry.

La répartition d'intensité des bandes dans une séquence a été utilisée plusieurs fois pour déterminer la température d'émission des gaz ⁽²⁾. On a déjà montré que, dans le cas d'excitation électronique d'un gaz raréfié, les températures obtenues sont beaucoup trop élevées. Pour obtenir une température correcte, au lieu d'admettre un équilibre thermique au niveau supérieur, il est nécessaire de considérer l'excitation à partir du niveau fondamental ⁽³⁾. On sait d'autre part que l'excitation d'un gaz ne s'effectue pas toujours par un mécanisme unique, mais peut résulter d'une superposition de plusieurs processus, tels que l'excitation électronique à partir de l'état fondamental ou métastable, et la recombinaison ionique ou atomique. Dans le cas des gaz rares il est facile de mettre en évidence l'existence de ces deux mécanismes, l'émission par recombinaison persistant seule après l'arrêt de l'excitation électrique ⁽⁴⁾.

Dans le cas de l'azote on peut également mettre en évidence l'existence d'une émission due à la recombinaison en même temps qu'une excitation électronique. La reproduction ci-contre montre les résultats obtenus à l'aide du phosphoroscope à impulsions de P. Lejay ⁽⁵⁾. Dans le spectre visible j'ai observé trois régimes : 1° sous très faible pression (de l'ordre du 1/100 de millimètre de mercure) on a seulement le premier système positif; les bandes négatives et le deuxième système positif sont absents (spectre A); 2° sous une pression de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre de mercure on a une émission intense des premiers systèmes positif et négatif; le deuxième système positif est très faible dans le visible (spectre B), mais intense dans l'ultraviolet; 3° lorsque la pression atteint plusieurs millimètres de mercure les premiers systèmes positif et négatif diminuent considérablement en intensité et il ne reste alors que le deuxième système positif, très intense dans le visible et ultraviolet (spectres C et D).

La comparaison de la décharge directe et de la phosphorescence, dans le spectre D, montre l'existence de deux processus : l'un, dû probablement aux chocs électroniques, disparaissant avec l'excitation et correspondant à une faible température apparente, l'autre, dû à une réaction de recom-

⁽¹⁾ Séance du 4 juin 1945.

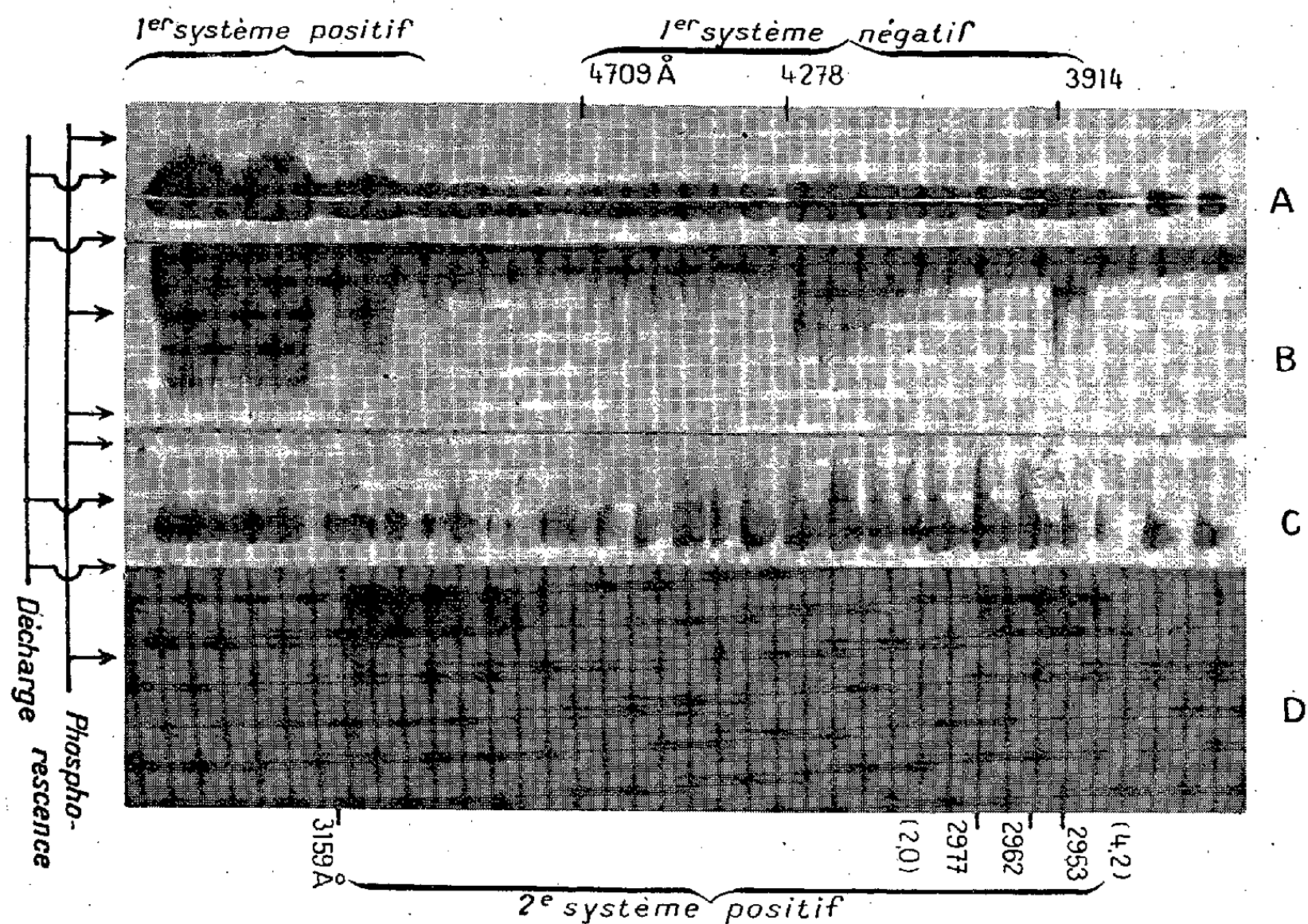
⁽²⁾ Voir par exemple K. WURM, *Handbuch der Astrophysik*, Ergänzungsband, Berlin, 1936.

⁽³⁾ G. O. LANGSTROTH, *Proceed. Royal Soc.*, A, 150, 1935, p. 371; M^{me} R. HERMAN et L. HERMAN, *Publications de l'Observatoire de Lyon*, 3, fascicule XIII.

⁽⁴⁾ P. LEJAY et L. HERMAN, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 231.

⁽⁵⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 69.

binaison persistant après la décharge électrique et correspondant à une température très élevée. Cette exaltation des bandes à niveaux de vibration élevés est particulièrement nette dans la séquence $\nu' - \nu'' = 2$ (spectre D).



On voit ainsi que la répartition d'intensité, et par suite la température apparente, dépend essentiellement de l'importance relative des contributions des deux mécanismes. On conçoit d'ailleurs que, dans certains cas, il soit illusoire de chercher une *température de vibration*, la distribution d'intensité provenant d'une superposition de plusieurs mécanismes à températures apparentes différentes.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres de vibration de quelques cyclanones.*

Note de M^{lles} GERMAINE CAUQUIL, ANNIE DELAY et M. JEAN LECOMTE, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous a donné les spectres Raman de cétones présentant des cycles à 7 et 8 atomes de carbone ⁽¹⁾. Nous avons mesuré, entre 525 et 1750 cm⁻¹ environ, avec la technique habituelle, l'absorption de six de ces composés : cycloheptanone (I), diméthyl-2.2 cycloheptanone-1 (II), éthyl-2 cycloheptanone-1 (III), diéthyl-2.2 cycloheptanone-1 (IV), cyclooctanone (V) et

⁽¹⁾ M. GODCHOT et M^{lle} G. CAUQUIL, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1065.

méthyl-2 cyclooctanone-1 (VI), dont les spectres n'étaient pas connus jusqu'ici.

Si l'on considère les cyclanones non substituées (I) et (V), la fonction cétonique se traduit par trois vibrations propres : l'une de valence, entre l'un des atomes de carbone du noyau et l'atome d'oxygène qui lui est rattaché $\nu(\text{C}=\text{O})$, l'autre de déformation, dans laquelle le noyau d'une part, et l'atome d'oxygène d'autre part exécutent des rotations en sens inverse $\delta(\text{C}=\text{O})$, et enfin une vibration gauche $\gamma(\text{C}=\text{O})$. Pour les cyclanones examinées (I) à (VI), seule la première vibration s'identifie d'une façon certaine et donne lieu à une forte raie Raman à laquelle correspond également une absorption intense entre 1710 et 1720 cm^{-1} . $\gamma(\text{C}=\text{O})$ peut se traduire par des bandes infrarouges ou des raies Raman faibles entre 540 et 580 cm^{-1} .

Toutes les autres raies de diffusion et les autres bandes d'absorption proviennent ainsi de vibrations de l'ensemble du cycle. Les molécules étudiées possèdent des symétries peu élevées. Si l'on suppose le noyau cyclanique plan et les atomes d'hydrogène répartis de part et d'autre de ce plan, les cyclanones non substituées possèdent un plan de symétrie contenant un axe binaire (symétrie C_{2v}). Si le noyau cyclanique se présente comme gauche, il peut exister au plus un plan de symétrie (symétrie C_s). Il en est de même pour les cyclanones substituées avec un noyau plan servant d'élément de symétrie aux atomes d'hydrogène et aux chaînes latérales. Si le noyau n'est pas plan, il n'existe plus aucun élément de symétrie. Cette discussion indique que toutes les vibrations peuvent donner naissance simultanément à des bandes d'absorption ou à des raies Raman, pour tous les modèles moléculaires envisagés, exception faite pour ceux qui possèdent la symétrie C_{2v} , et où un petit nombre de vibrations de la classe A_2 restent seulement actives en diffusion.

La comparaison des spectres infrarouge et Raman montre, contrairement à ces prévisions, une concordance assez mauvaise. Pour interpréter ce résultat, il faut admettre que des bandes d'absorption ou des raies de diffusion, bien qu'étant prévues théoriquement, restent trop faibles parfois pour se laisser observer. Comme dans beaucoup d'autres cas, principalement pour des composés cycliques, il apparaît donc indispensable de déterminer *à la fois* les spectres d'absorption et de diffusion, si l'on veut arriver à une connaissance suffisante des spectres moléculaires de vibration.

Ainsi les très fortes raies Raman à 718 (I), 643 (II), 796 (III), 688 (IV), 701 (V) et (VI), attribuables à une vibration symétrique (pulsation) ne se retrouvent pas dans l'infrarouge. Une suite de bandes infrarouges fortes, peu variables autour de 840 cm^{-1} en passant de (I) à (VI), n'apparaît pas dans la diffusion. Dans la région où se place la vibration de déformation du groupement CH_2 , il n'existe aucune correspondance entre les suites : vers 1445 cm^{-1} (Ra) et vers 1465 cm^{-1} (IR.). Avec d'autres suites certaines cyclanones seulement donnent une concordance entre les deux phénomènes :

(I) IR. 942, Ra ?; (II) IR. 938, Ra 937; (III) IR. 932, Ra ?; (IV) IR. 939, Ra ?; (V) IR. 908, Ra ?; (VI) IR. 907, Ra 912 cm^{-1} .

Le tableau suivant donne, en cm^{-1} , les positions des maxima d'absorption. Les concordances probables entre les maxima relatifs aux différentes cyclanones sont indiquées par des traits horizontaux.

(I).	(II).	(III).	(IV).	(V).	(VI).
578 (m)	539 (m)	x	651 (m)		565 (m)
693 (f)	644 (F)	x			
760 (F)	731 (F)			{ 715 (F) — 717 (F)	
				{ 737 (aF) — 742 (f)	
786 (f)	789 (f)	779 (f)	777 (f)	788 (f)	783 (aF)
841 (F)	837 (F)	{ 810 (aF) — 820 (aF)		822 (F)	?
		{ 842 (F) — 856 (f)		835 (F)	840 (F)
887 (f?)	870 (f?)				
	899 (m)		887 (f)		
942 (F)	938 (F)	932 (F)	939 (F)	{ 908 (F) — 907 (m)	
				{ 949 (F) — 955 (f)	
1020 (f)		1019 (f)	1040 (f)	1065 (F)	1071 (F)
1101 (f)	1110 (f)				
?	1163 (F)	1159 (F)	1166 (F)	1172 (F)	?
1250 (f)	1250 (f)	1246 (f)	1259 (f)	1242 (f)	1239 (f)
1282 (f)	1274 (f)	x		1256 (f)	
?	1344 (aF)	x	1350 (aF)	1337 (F)	1342 (aF)
	1370 (f)	x	1387 (f)		1377 (F)
	1386 (f)	x		1415 (m)	1420 (f)
{ 1453 (F)		x			
{ 1467 (F) — 1472 (F)		x	1465 (F)	1461 (F)	1465 (F)
1709 (F) — 1712 (F)		x	1709 (F)	1709 (F)	1718 (F)

(x, non exploré).

CHIMIE PHYSIQUE. — Sur la valence V du rhénium.

Note de M^{lle} SUZANNE TRIBALAT, présentée par M. Louis Hackspill.

I. et W. Noddack ⁽¹⁾ ont étudié les propriétés du rhénium et signalé l'existence de toutes les valences de I à VII. Dans ce travail je me suis attachée à l'étude de la valence V, déjà mise en évidence par Jakob et Jezowska ⁽²⁾ lors de la réduction électrolytique de solutions acides de perrhénate, par Turkiewicz ⁽³⁾ et Hölemann ⁽⁴⁾ à l'occasion de réductions potentiométriques. Les propriétés de cette valence sont encore mal connues.

Je décris ici la réduction de l'acide perrhénique par titrage potentiométrique au moyen de chlorure stanneux (N/10 en milieu acide chlorhy-

⁽¹⁾ *Z. anorg. allgem. Chem.*, **215**, 1933, p. 139.

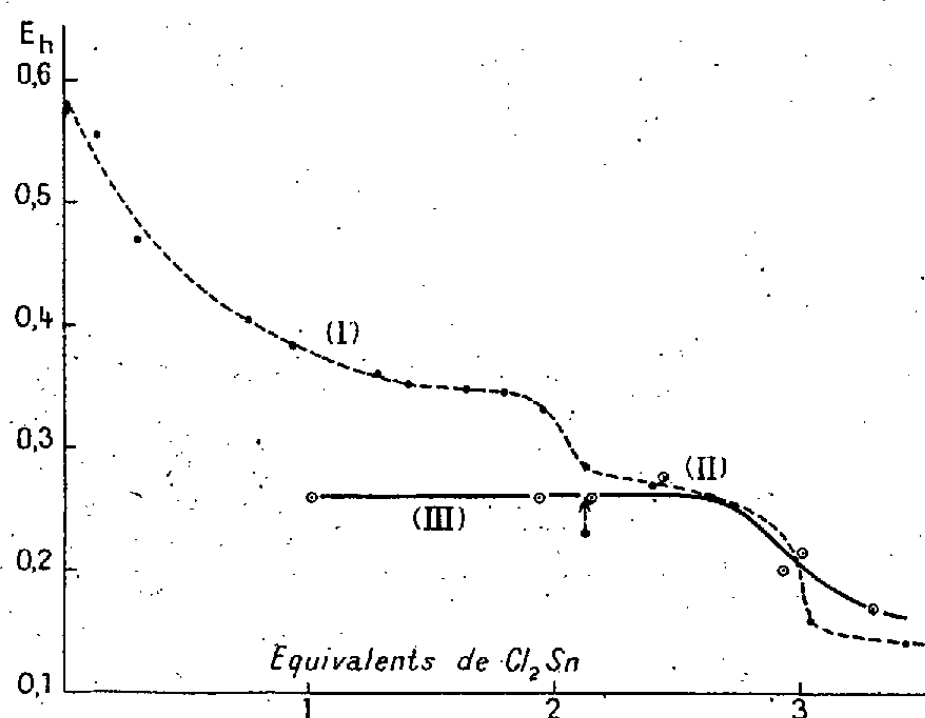
⁽²⁾ *Z. anorg. allgem. Chem.*, **214**, 1933, p. 338.

⁽³⁾ *Rocz. Chem.*, **12**, 1932, p. 590.

⁽⁴⁾ *Z. anorg. allgem. Chem.*, **217**, 1934, p. 106.

drique 4N). L'acide perrhénique, ReO_4H , M/100, également en milieu chlorhydrique 4N, est obtenu par oxydation d'un poids connu de rhénium par le chlore. Les potentiels d'oxydoréduction sont mesurés en atmosphère de gaz carbonique au moyen d'une électrode de platine poli et d'une électrode au calomel-chlorure de potassium saturé, les potentiels étant rapportés à celui de l'électrode normale à hydrogène. Les mesures sont rendues difficiles par la lenteur des réactions, qui s'accélèrent cependant par une faible addition d'iodure de potassium.

La courbe (I) indique les variations du potentiel d'oxydoréduction en



fonction de la quantité de solution stanneuse ajoutée, comptée en équivalents. Après addition de deux équivalents, on constate une chute de potentiel, ce qui indique la formation d'un composé de la valence V. La solution, initialement incolore, est alors vert émeraude. Abandonnée à elle-même, elle brunit et laisse déposer, après 24 heures environ, un précipité noir. Il s'agit vraisemblablement de l'oxyde ReO_2 . J'ai vérifié que les réducteurs énergiques, comme Cr^{++} , Ti^{+++} , réduisent Re (VII) en Re (IV) en donnant lieu à la formation d'un précipité identique.

J'ai pensé qu'avec le temps, le composé de rhénium se dismutait suivant la réaction mentionnée par Noddack (1) : $3 \text{Re (V)} \rightarrow \text{Re (VII)} + 2 \text{Re (IV)}$. Si cette hypothèse est exacte il doit être possible de mettre en évidence la présence de Re (VII) dans la solution abandonnée assez longtemps à elle-même, après addition de deux équivalents de chlorure stanneux. Le Re (VII) est caractérisé de la façon suivante :

Quand on vient d'ajouter à du Re (VII) une quantité de chlorure stanneux inférieure à deux équivalents, la solution donne, avec le thiocyanate de potassium, une coloration rouge. Après 24 heures sous gaz inerte la même solution ne donne plus cette coloration : il y a donc eu disparition du composé primitivement formé. Après une nouvelle addition de chlorure

stanneux, la solution se colore de nouveau en rouge en présence de thiocyanate. Cette coloration s'est donc formée à partir d'un produit de réduction du Re (VII) restant.

A deux gouttes de la solution, réduite par deux équivalents de chlorure stanneux et abandonnée 24 heures, on ajoute du thiocyanate, ce qui ne donne qu'une faible coloration jaune; l'addition d'une goutte de chlorure stanneux fait alors apparaître la teinte rouge. Avec le temps, il s'est donc reformé du Re (VII) dans la solution.

Il doit alors être possible de continuer la réduction jusqu'à utilisation d'un troisième équivalent de chlorure stanneux, ce que j'ai fait en attendant 24 heures entre chaque addition. A la fin de l'addition de ce troisième équivalent, on constate une chute de potentiel de 0,26 à 0,16 volt, potentiel du système $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}$, [courbe (II)].

Lors d'un nouvel essai, j'ai attendu dès le début 24 heures entre chaque addition de chlorure stanneux afin de permettre au Re (V) formé de se décomposer en Re (IV) et Re (VII). La courbe obtenue (III) présente, aux environs de 0,26 volt, un palier qui se prolonge jusqu'à utilisation de trois équivalents. Tout se passe donc, lorsque la réduction est effectuée lentement, comme si Re (VII) se réduisait directement en Re (IV) suivant la réaction $\text{Re (VII)} + 3e \rightarrow \text{Re (IV)}$. Ceci est en accord avec les résultats que j'ai obtenus en utilisant des réducteurs plus énergiques, qui fournissent le même palier et une seule chute de potentiel après trois équivalents.

Ainsi, par réduction du Re (VII) par le chlorure stanneux, il se formerait un composé de la valence (V), qui se détruirait avec le temps pour donner du Re (IV), plus stable et du Re (VII), réductible à nouveau par le chlorure stanneux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre l'évolution en fonction du temps de la fragilité due à l'hydrogène et la perméabilité à ce gaz de l'acier extra-doux.*

Note (1) de M. PAUL BASTIEN, présentée par M. Léon Guillet.

En comparant les comportements de l'hydrogène chargé, par électrolyse ou par décapage à l'acide, dans une série d'aciers extra-doux recuits, nous avons constaté (2) que la plupart laissent dégager, pour les deux modes de chargement, des quantités importantes d'hydrogène, avec disparition complète ou presque complète de leur fragilité; l'acier Armco au contraire ne dégage, à la température ambiante, que de faibles quantités de gaz et garde sa fragilité.

Ceci peut s'expliquer en supposant que l'acier Armco recuit est peu

(1) Séance du 4 juin 1945.

(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 820.

perméable à l'hydrogène et conserve, par séjour prolongé dans le mercure à la température ordinaire, une partie notable du gaz introduit. La vitesse de diffusion de l'hydrogène dans le fer augmentant rapidement avec la température, on peut s'attendre, pour des conditions de chargement iden-

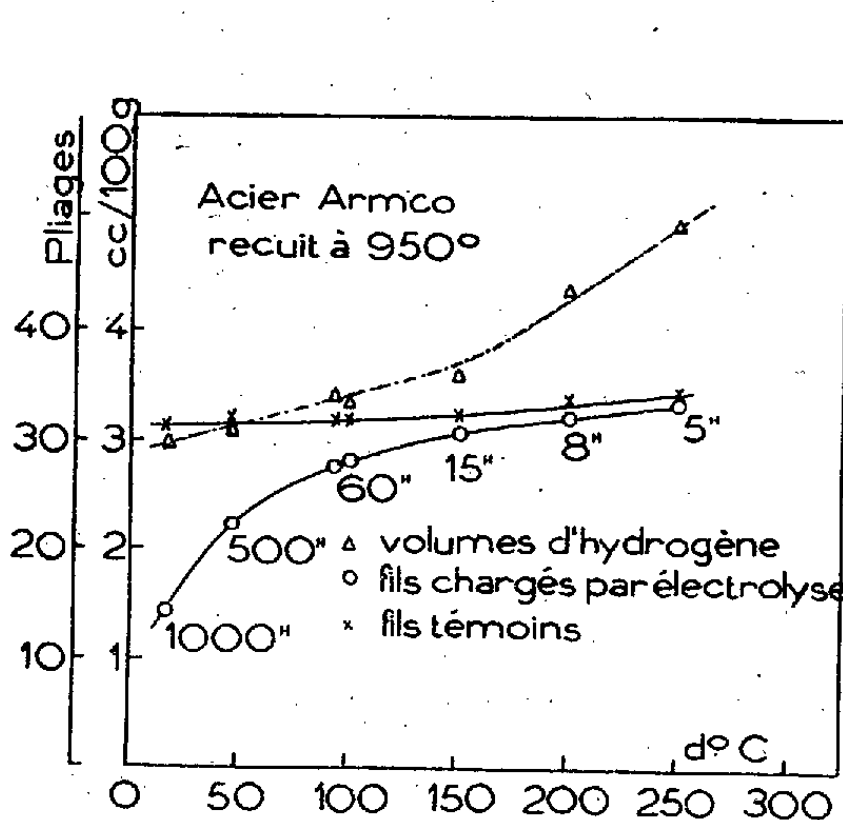


Fig. 1.

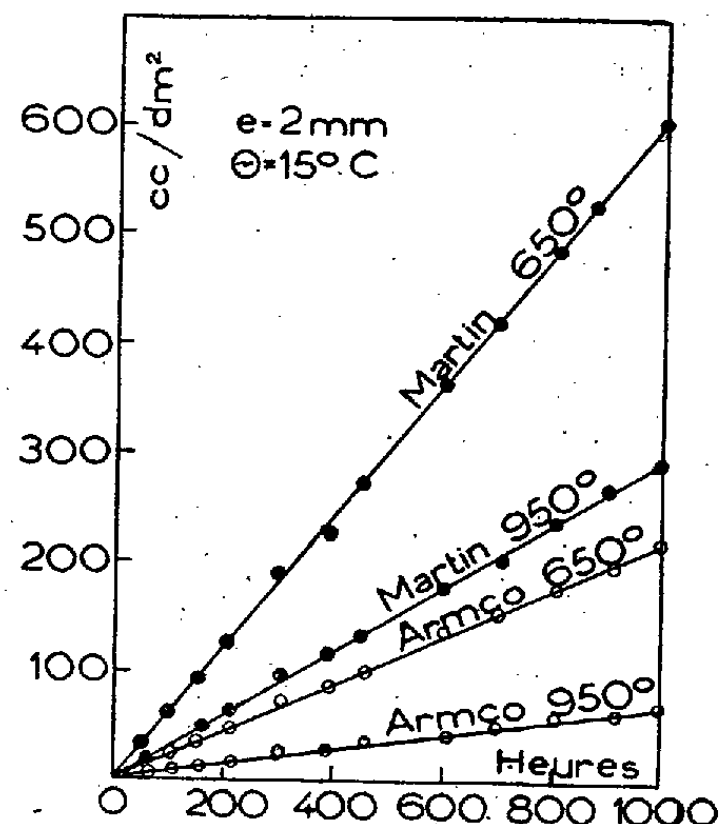


Fig. 2.

tiques, à trouver des dégagements d'hydrogène croissants et des fragilités résiduelles décroissantes quand s'élève la température à laquelle séjourne le métal après chargement. C'est ce qui résulte de la figure 1, sur laquelle sont portés, pour chaque température de séjour dans le mercure, les volumes d'hydrogène dégagés et les valeurs des pliages après cessation du dégagement gazeux pour un acier extra-doux Armco recuit à 950° et chargé par 48 heures d'électrolyse dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 10 %. Des résultats identiques ont été obtenus en substituant, au chargement électrolytique, une attaque chimique à l'acide chlorhydrique 10 %, en présence de traces de sulfure Na_2S , qui favorisent l'adsorption de l'hydrogène naissant à la surface du fer, accroissant ainsi la quantité de gaz qui diffuse dans le métal ⁽³⁾.

La fragilité résiduelle, constatée à des degrés variables, généralement faibles, dans les aciers extra-doux recuits, mais particulièrement nette dans l'acier Armco, apparaît donc non pas comme résultant d'une altération du métal disparaissant à une température déterminée par un effet de recuit, mais comme une manifestation de l'hydrogène restant dans sa structure.

Cette intervention de la perméabilité à l'hydrogène étant mise en évidence, il était intéressant de rechercher l'influence des traitements

⁽³⁾ *Ibid.*, 212, 1941, pp. 706-708.

thermiques. Le tableau suivant résume, pour le même acier Armco, quelques-uns des résultats obtenus après 48 heures de chargement électrolytique :

État du métal.	Valeur des caractéristiques de pliage ⁽⁴⁾ .			Volumes d'hydrogène. (d).
	(a).	(b).	(c).	
Recuit 960°, 10 min. air	31	14	14	3
» 650°, 30 » »	41	16	25	14,9
Trempé en dessous de A_{c1} et vieilli	41	18	35	15,7

(a) avant chargement; (b) immédiatement après chargement; (c) après 1000 heures de séjour à 15° C. dans le mercure; (d) dégagés à froid dans le mercure, en 1000 heures en $\text{cm}^3/100\text{s}$ (à 15° C. et 760^{mm}).

L'évolution de la fragilité après chargement en hydrogène dépend donc, pour un acier extra-doux, non seulement de son mode d'élaboration ⁽¹⁾, mais encore de son traitement thermique : c'est là un point important sur lequel, à notre connaissance, l'attention n'avait pas été attirée. Si l'on étudie, de plus, les vitesses de diffusion de l'hydrogène naissant à travers des tôles d'acier calmé Martin basique extra-doux et d'acier Armco, on obtient, dans les mêmes conditions mais pour divers états de traitement thermique, les résultats de la figure 2. Ils montrent que l'acier Martin, recuit à 950° étudié, est 4,2 fois plus perméable à l'hydrogène que l'acier Armco au même état, ce qui s'accorde bien avec le fait que pour le premier il y a disparition de la fragilité après chargement, et pour le second maintien de la fragilité. Pour l'acier Armco, la perméabilité est 3,6 fois plus grande à l'état recuit à 650° qu'à l'état recuit à 950° : dans le premier cas le rétablissement des caractéristiques de pliage est de 36 % ; dans le second il est pratiquement nul. Il y a donc parallélisme entre la perméabilité de l'acier et l'évolution de la fragilité après chargement : les cas de fragilité résiduelle après séjour prolongé à l'ambiante correspondent aux aciers à faible perméabilité, dans lesquels subsistent des quantités d'hydrogène suffisantes pour être accusées par l'essai de pliage.

Il reste à préciser les facteurs de cette perméabilité à froid de l'acier extra-doux, qui apparaît fonction du mode d'élaboration et du traitement thermique : nous pensons que cette propriété est en relation avec l'existence (nature, présence ou absence), l'état physicochimique (en solution dans la ferrite ou hors de solution) et l'état structural (formes coalescées ou finement précipitées) des oxydes et des carbures du métal.

⁽⁴⁾ Chaque caractéristique de pliage est la moyenne de 40 essais, conduisant à un écart quadratique moyen par rapport à la moyenne de 4 à 5.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'influence de très petites quantités de soufre sur la qualité de l'acier.* Note de M. **LOUIS COLOMBIER**, présentée par M. Albert Portevin.

Il est connu que le soufre détériore les propriétés de l'acier. Mais les données précises manquent sur la limite inférieure à laquelle cette impureté cesse d'avoir une influence nocive. C. E. Sims et F. B. Dahle ⁽¹⁾ ont montré que, lorsque la teneur en soufre passe de 0,06 à 0,02 %, dans un acier mi-dur, l'allongement, la striction et la résilience sont notablement améliorés; mais nous ignorons dans quelle mesure cette amélioration se poursuit lorsque la purification de l'acier est poussée plus loin. C'est ce que nous nous sommes proposé de rechercher.

Pour avoir des résultats comparables, nous avons étudié la qualité de lingots d'acier provenant d'une même fusion dans laquelle, après coulée partielle, nous avons fait une addition de sulfure de fer. Il s'agit d'un acier nickel-chromé-molybdène, élaboré dans un four à haute fréquence de 1,5 tonne, à revêtement de silice, avec des matières premières de grande pureté (fer de Suède). La teneur en soufre était primitivement de 0,007 %. Par une addition de sulfure de fer nous l'avons portée à 0,012 %. Les analyses des métaux coulés avant ou après l'addition nous ont donné les résultats suivants

	C.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.	Mo.	S.	P.
Avant.....	0,19	0,29	0,41	4,58	1,29	0,52	0,007	0,013
Après.....	0,19	0,28	0,41	4,52	1,29	0,52	0,012	0,013

Les deux lingots ont été forgés avec un taux de corroyage de 6,5. En comparant les caractéristiques mécaniques de traction et de résilience en long et en travers, nous avons constaté que la charge de rupture, l'allongement et la striction n'ont pas été affectés par l'addition de soufre, tandis que les résiliences sont notablement abaissées. Lorsque la charge de rupture varie de 125 à 110 kg/mm² la résilience en long L (en kgm/cm² sur barreaux Mesnager) varie entre 11,15 et 17,37 dans le métal à faible teneur en soufre et entre 9,59 et 15,15 pour celui ayant reçu une addition de cette impureté. En travers, la résilience T subit une baisse encore plus grande.

Si nous interpolons les valeurs de résilience pour une résistance moyenne de 115 kg/mm², nous trouvons :

Soufre.	L (en long).	T (en travers).	L/T.
0,007.....	14	8	1,75
0,012.....	11,8	6,3	1,88
Baisse...	15,7 %	21 %	

⁽¹⁾ *Trans. Amer. Foundrym. Assoc.*, 46, 1938, pp. 65-182. Nous n'avons pas pu avoir connaissance des publications anglaises et américaines depuis 1940.

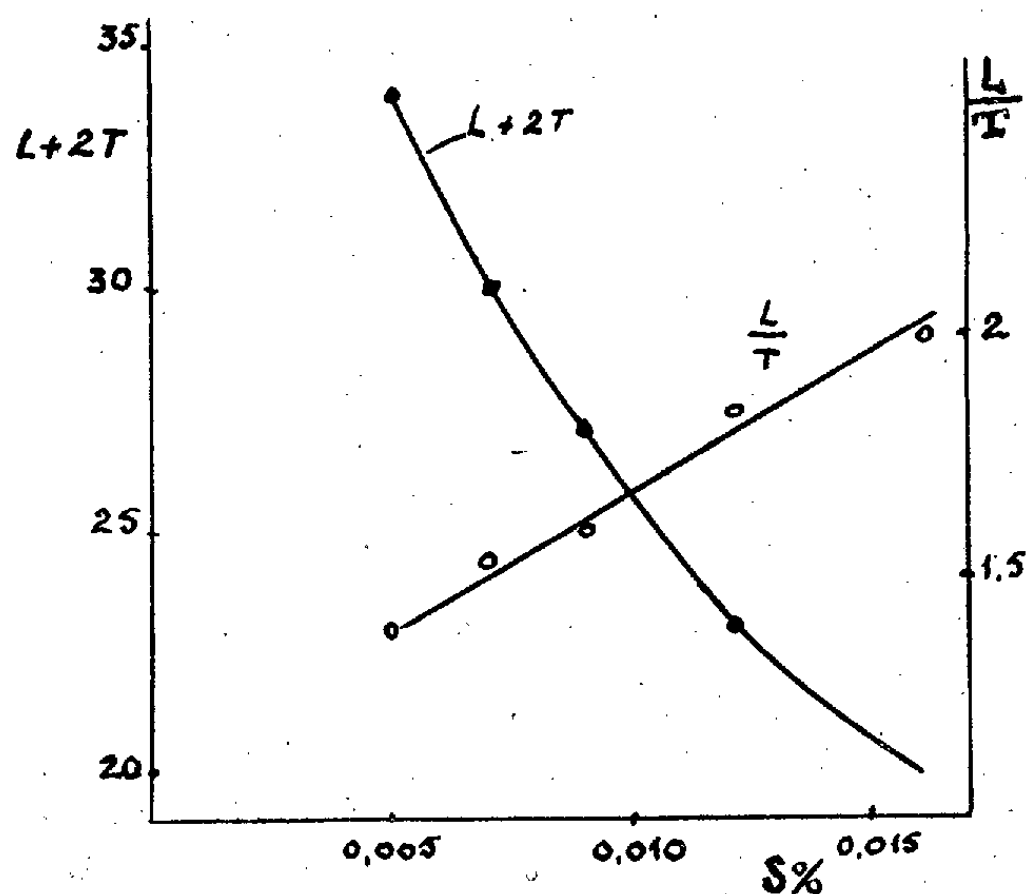
Nous avons confirmé ces résultats par une autre expérience avec un acier nickel-chrome. Les deux métaux étudiés avaient la composition suivante :

	C.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.	S.	P.
Avant.....	0,37	0,29	0,36	2,60	0,70	0,007	0,015
Après.....	0,37	0,29	0,37	2,59	0,70	0,014	0,016

Pour une résistance moyenne de 100 kg/mm², nous avons obtenu les résiliences suivantes :

Soufre.	L (en long).	T (en travers).	L/T.
0,007.....	13,2	9,3	1,42
0,014.....	12	6,5	1,85
Baisse...	9,1 %	30 %	

A la lumière de ces résultats, nous avons examiné de nombreuses coulées d'un acier nickel-chrome-molybdène provenant de fours à haute fréquence à revêtement de silice d'une capacité de 1,5 à 5 tonnes et faites à partir de matières premières d'origines diverses, les teneurs en soufre variant de 0,005 à 0,016 %. Nous avons constaté que, *pourvu que la technique de fusion et les*



matières premières soient telles que la nature des micro-inclusions oxydées soit la même, ces aciers se classaient comme le voulaient leurs teneurs en soufre. Nous avons attribué à chaque coulée un *indice de qualité*, obtenu en ajoutant à la résilience en long le double de la résilience en travers ($I = L + 2T$), ces valeurs étant prises pour une même dureté du métal ($R = 115 \text{ kg/mm}^2$). Les résultats, résumés dans le graphique ci-dessus où chaque point représente la moyenne des indices d'un certain nombre de coulées, montrent la relation très nette entre l'indice de qualité, le rapport L/T et la teneur en soufre.

Ces relations sont statistiques : pour une même teneur en soufre il y a une

assez grande dispersion dans les indices. Un examen attentif du métal nous a montré qu'il y avait des variations, pour une même teneur en soufre, entre le nombre et l'importance des inclusions de sulfure et que la qualité du métal était liée encore plus étroitement à la teneur en inclusions de sulfure qu'avec la teneur en soufre. La relation même entre les teneurs en inclusions de sulfures et en soufre n'est pas déterminée avec certitude.

Nous insistons sur le fait que tout ce que nous venons d'exposer n'a de valeur que pour des aciers élaborés dans des conditions telles que les micro-inclusions oxydées soient de même nature (ici des globules de silice vitreux), sinon le rôle du soufre peut être masqué par l'action d'autres facteurs.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le calcul de la répartition du nuage électronique dans les molécules aromatiques.* Note de M. **RAYMOND DAUDEL** et M^{me} **ALBERTE PULLMAN**.

Swartholm (*Ark. for Kem., Geol., Min.*, mai 1941) a établi une méthode qui permet d'évaluer les charges électroniques en différents points d'une molécule aromatique. Cependant ses diagrammes ne donnent que des valeurs relatives, permettant seulement de comparer différentes régions d'une même molécule, mais non plusieurs molécules entre elles.

Ayant en vue cette dernière comparaison, nous avons calculé les valeurs absolues des charges électroniques sur les sommets carbonés et sur les liaisons de différentes molécules. En prenant pour unité la charge de l'électron et en posant :

- D_s , charge moyenne en un sommet;
- D_{sa} , » moyenne en un sommet porteur d'hydrogène;
- $D_{s\max}$, » au sommet le plus chargé;
- D_{la} , » moyenne sur une liaison périphérique;
- $D_{l\max}$, » sur la liaison la plus chargée,

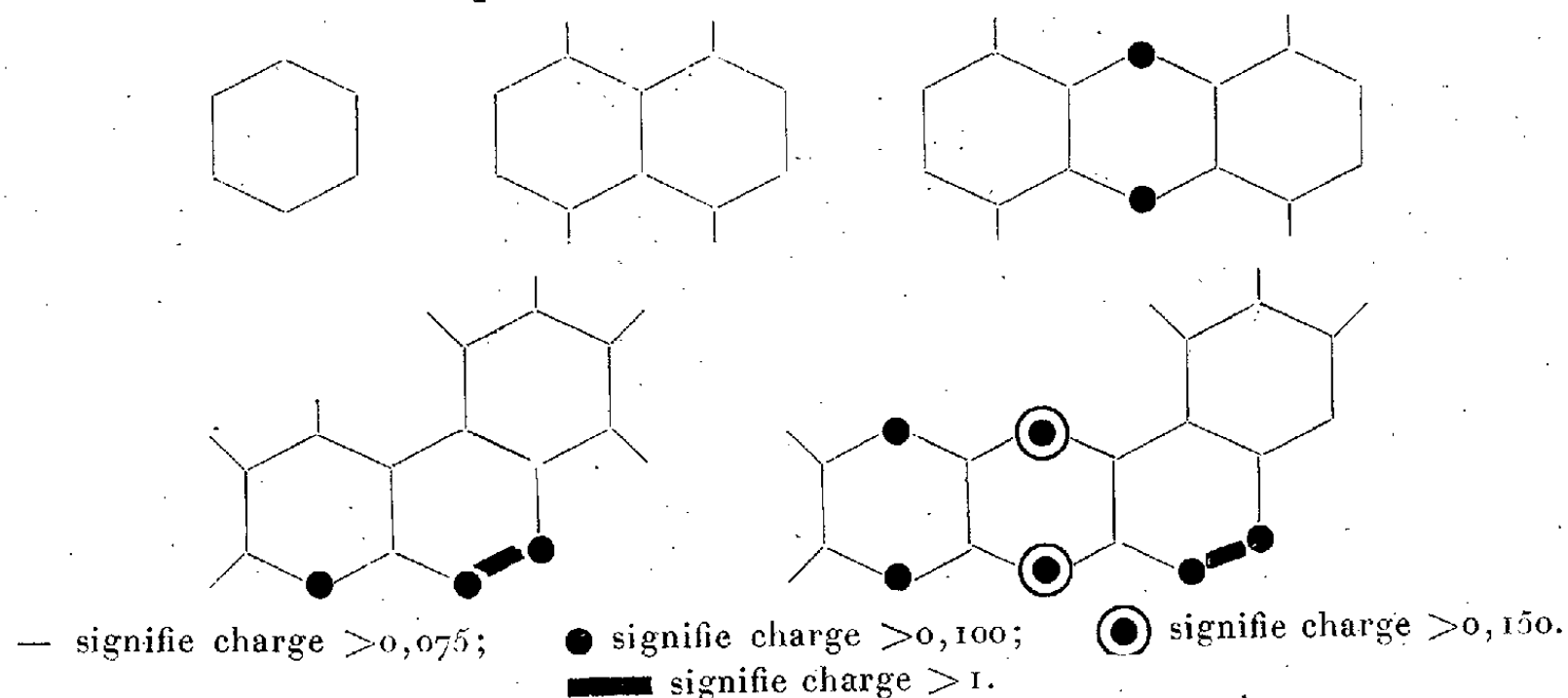
nous obtenons le tableau suivant :

	D_s	D_{sa}	$D_{s\max}$	D_{la}	$D_{l\max}$
benzène.....	0,070	0,070	0,070	0,930	0,930
naphtalène.....	0,074	0,068	0,087	0,890	1,150
anthracène.....	0,083	0,093	0,131	0,860	1,230
phénanthrène.....	0,085	0,094	0,097	0,820	1,220
12-benzanthracène....	>0,089	>0,100	>0,156	0,835	1,180

On constate que la charge moyenne en un sommet croît régulièrement avec le nombre de noyaux benzéniques de la molécule. Cela explique pourquoi une molécule aromatique possède une réactivité chimique d'autant plus grande qu'elle contient davantage de noyaux benzéniques, du moins quand le nombre de ces noyaux reste petit.

Il semble d'autre part que la charge sur une liaison passe par un maximum pour une molécule à trois noyaux benzéniques.

Les résultats obtenus peuvent être schématisés de la manière suivante :



Nous observons que :

- 1° Les sommets α du naphthalène doivent être plus réactifs que les sommets benzéniques.
- 2° Les sommets méso de l'anthracène doivent être plus réactifs que les sommets α du naphthalène; les sommets α de ces deux carbures ayant sensiblement la même réactivité.
- 3° Le phénanthrène apparaît dans l'ensemble comme plus réactif que le naphthalène, mais moins que l'anthracène.
- 4° Le 12-benzanthracène semble plus réactif que l'anthracène.
- 5° Un benzène latéral, comme dans le phénanthrène et le 12-benzanthracène, fait apparaître une région très chargée (constituée par deux sommets très chargés encadrant une liaison très chargée) sur le noyau benzénique voisin. Ce point semble présenter un intérêt particulier.

Tous ces résultats théoriques semblent en bon accord avec l'expérience.

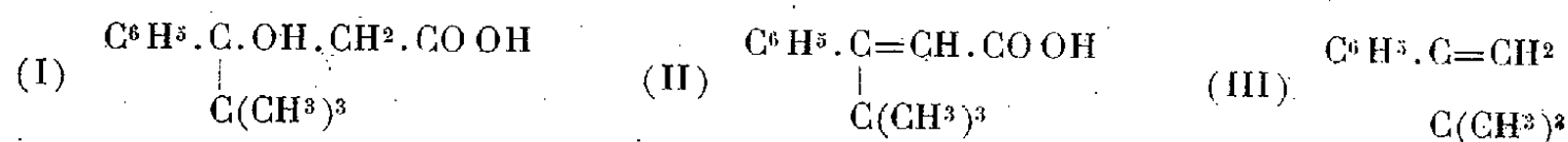
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau cas de transposition moléculaire dans la série phénylhydracrylique. Formation d'une γ -lactone.* Note de M. GEORGES TSATSAS, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les acides aromatiques β -hydroxylés conduisent par déshydratation, le plus souvent, à l'acide α . β -éthylénique. Mais la façon dont s'effectue la déshydratation dépend de la structure de l'acide hydroxylé et de la nature de l'agent déshydratant.

Ainsi Schröter ⁽¹⁾ prépare-t-il les acides cinnamiques β -alcoylés (sans toutefois indiquer les rendements) en déshydratant par l'acide sulfurique concentré les acides β -phényl β -alcoylhydracryliques. Ces derniers sont obtenus par la méthode générale qui consiste à faire réagir les cétones aromatiques du type $C^6H^5.CO.R$ (R étant un alcoyle aliphatique) sur les esters acétiques halogénés en présence de Zn ou de Mg.

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 1589.

Dans la présente Note nous étudierons le cas d'une déshydratation anormale d'un acide aromatique β -hydroxylé l'acide β -phényl β -butyl-tert-hydrocristique (I) préparé par action de la triméthylacétophénone sur le bromacétate d'éthyle en présence de Zn et en milieu benzénique, avec saponification de l'oxyester obtenu.

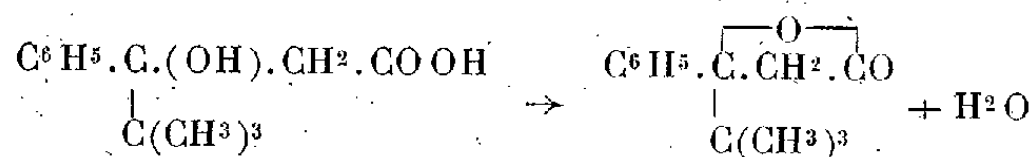


L'action d'un mélange approprié d'anhydride acétique et de chlorure d'acétyle sur cet acide β -hydroxylé, à côté de la réaction normale qui conduit à l'acide α , β -éthylénique (II) avec un Rdt de 50 %, donne lieu à la formation du carbure éthylénique correspondant (III) et d'une quantité importante d'un produit neutre isomère de l'acide (II) (F 92°, E₁₆ 180°).

Ce composé neutre F 92° s'obtient avec un Rdt théorique quand on utilise comme agents de déshydratation l'acide sulfurique concentré, le chlorure de zinc en milieu acétique, l'acide bromhydrique etc.

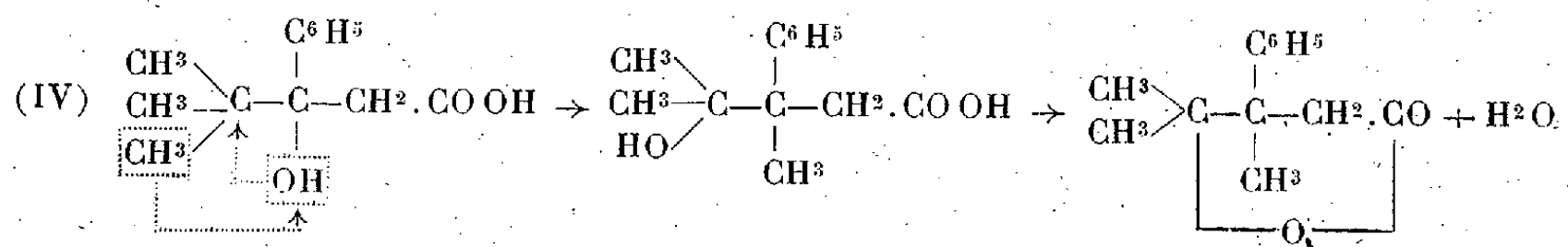
Ce produit F 92°, insoluble dans les carbonates alcalins à froid et à chaud et dans les alcalis caustiques à froid, est par contre soluble à chaud dans ces derniers, et on le régénère par acidification. Il ne possède pas d'hydrogène mobile ni de fonction cétonique. Toutes ces propriétés correspondent à celles d'un composé lactonique.

Une β -lactone qui pourrait se former suivant la réaction



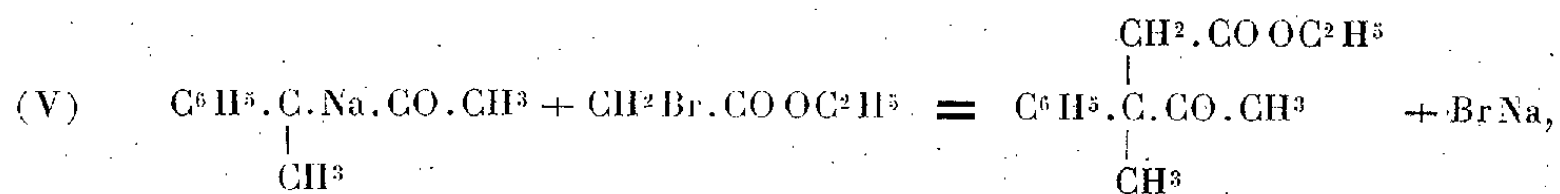
n'est pas à envisager, ces composés étant très instables et perdant facilement CO² pour donner le carbure éthylénique correspondant.

On est donc amené à penser qu'il s'agit d'une γ -lactone, qui prendrait naissance à la suite d'une transposition moléculaire résultant d'un échange entre l'hydroxyle alcoolique et un méthyle enlevé au radical butyl-tertiaire (IV) selon la réaction :



Cette hypothèse, soumise au contrôle expérimental, s'est trouvée vérifiée par la synthèse de la lactone, effectuée de la façon suivante : la phényl-3 butanone-2 contient un hydrogène mobile, placé sur le carbone-3; cet hydrogène est remplacé par Na quand on traite la cétone par l'amidure de sodium en milieu étheré. Si l'on ajoute alors du bromacétate d'éthyle on est conduit, après une réaction assez violente, à un produit qui distille à 180-

190° sous 22^{mm}; c'est l'ester γ -cétonique correspondant à la réaction (V) :

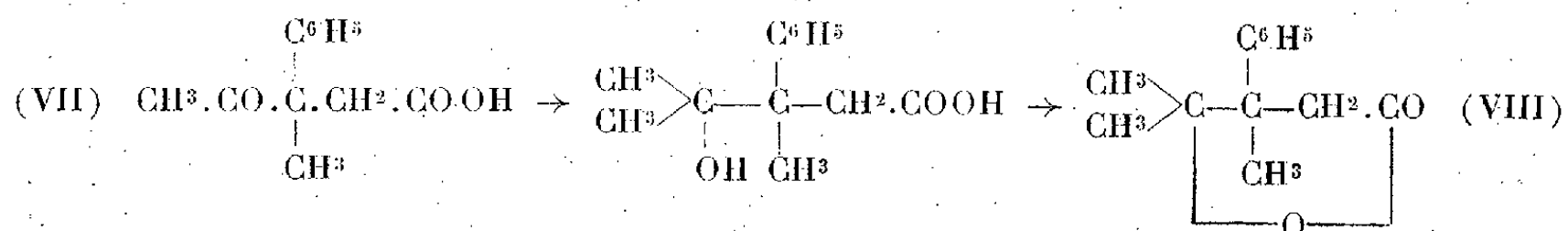


Après saponification par la potasse alcoolique on obtient un acide cétonique sous forme huileuse qui correspond à la formule (VI)



Quand on introduit cet acide en solution étherée dans 1 Mg CH³, une réaction violente se produit; lorsqu'elle est terminée on chauffe pendant deux heures, puis on décompose au moyen de glace additionnée d'acide sulfurique; on extrait à l'éther et l'on enlève les produits acides en agitant avec une solution de soude caustique. La solution étherée neutre, après évaporation du solvant, laisse une huile qui ne tarde pas à cristalliser (en majeure partie). Le produit, cristallisé dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, fond à 92°. Mélangé avec le produit de déshydratation de l'acide β -hydroxylé (1) il fond également à 92°; les deux composés sont donc identiques.

Le cours des réactions est le suivant (VII) :



L'identité des deux lactones, préparées par des voies si différentes, permet d'affirmer que le schéma de réaction (V) que nous avons proposé est exact, c'est-à-dire que, dans les conditions où nous sommes placés, la réaction du bromacétate se fait effectivement au carbone-3.

Ainsi la déshydratation de l'acide β -phényl β -butyl-tert-hydracylique par les différents agents de déshydratation fournit soit en partie, soit comme produit unique, une γ -lactone, le diméthyl-3.4 phényl-3 pentanolide-1.4 (VIII), qui se forme par migration d'un méthyle emprunté au radical butyle-tertiaire. Tout se passe donc comme s'il y avait double échange entre OH et un méthyle du radical butyle-tertiaire.

CHIMIE ORGANIQUE — *Action du chlorure ferrique sur les dérivés organomagnésiens du para-dibromobenzène et du p.p'-dibromobiphényle*. Note de M. GEORGES CHAMPETIER et M^{lle} KLAUDIA SMARZEWSKA, présentée par M. Louis Hackspill.

L'action du chlorure ferrique sur les dérivés organomagnésiens a été utilisée par plusieurs auteurs (1) pour la préparation de carbures d'hydrogène.

(1) KONDYREFF et FOMINE, *J. Soc. Chim. Phys. Russe*, 46, 1914, p. 620; BENNETT et TURNER, *J. Roy. Soc. New South Wales*, 53, 1919, p. 100; G. CHAMPETIER, *Bull. Soc. Chim. France*, 47, 1930, pp. 279 et 1131.

En particulier C. Boatner ⁽²⁾ a fait réagir le sel ferrique en solution étherée anhydre sur le dérivé monomagnésien du *p*-dibromobenzène et obtenu ainsi le 4.4'-dibromobiphényle.

Or les dérivés dihalogénés du benzène sont susceptibles de fournir des dérivés dimagnésiens, qui, d'après les travaux de V. Grignard ⁽³⁾ et de Gibert ⁽⁴⁾ peuvent être préparés avec des rendements s'élevant jusqu'à 40 %. Il nous a paru intéressant de compléter les recherches précédentes par une étude de l'action du chlorure ferrique sur le dérivé dimagnésien du *p*-dibromobenzène.

Ce composé a été préparé par la méthode de Gibert, en utilisant l'iodure de magnésium comme catalyseur et en opérant en deux étapes : en premier lieu obtention du dérivé monomagnésien (1/10 mol-g), en milieu étheré; puis passage au dimagnésien, après addition d'une nouvelle quantité de magnésium (2/10 atome-gramme) et d'iode (2/10 atome-gramme) en milieu benzénique et chauffage à l'ébullition durant 20 heures.

Le chlorure ferrique, en solution étherée anhydre titrée, a été ensuite introduit dans le milieu réactionnel par petites portions jusqu'à ce qu'il se trouve en excès (6^{mol} Cl³ Fe pour 8^{mol} de dibromobenzène initial) et la réaction achevée par chauffage à l'ébullition durant 2 heures. Après refroidissement, le contenu du ballon a été traité à l'eau acidulée à 10 % par l'acide sulfurique; après décantation, lavages à la soude et à l'eau et séchage, la solution éthéro-benzénique a été évaporée. Le résidu obtenu (6^g,5) contient, outre du 4.4'-dibromobiphényle provenant de l'action du chlorure ferrique sur le dérivé monomagnésien en excès, un mélange de produits homologues (3^g) solubles dans le benzène, insolubles dans l'alcool et répondant à la formule (C⁶H⁴)ⁿBr².

Ce mélange a été fractionné par précipitation de sa solution benzénique à l'aide de l'alcool et l'éther. On séparé ainsi divers corps, difficiles à purifier, dont le plus important est une poudre beige foncé de formule (C⁶H⁴)⁸Br², F inst. 265° (décomposition). Résultats de l'analyse :

	C.	H.	Br.	P. M. (benzène).
Trouvé %	75,1	4,4	21,1	783
Calculé »	75	4,17	20,83	768

A côté de ce produit principal nous avons pu identifier une petite quantité du dérivé dibromé (C⁶H⁴)⁴Br². La présence de brome dans ces produits s'explique par la participation, simultanée à la réaction avec le chlorure ferrique, du dérivé dimagnésien et du dérivé monomagnésien en excès. Dans les deux cas le chlorure ferrique provoque l'élimination des groupements —MgBr et la soudure des noyaux benzéniques. Le dérivé dimagnésien fournit les groupements —C⁶H⁴— intermédiaire d'une chaîne dont les extrémités sont occupées par les groupements —C⁶H⁴—Br provenant du dérivé monomagnésien.

⁽²⁾ *Diplôme d'Études Supérieures*, Paris, 1931.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 198, 1934, pp. 625 et 2217.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 443.

Pour vérifier ces observations, nous avons repris la même réaction avec le mélange du mono et du dimagnésien du *p.p'*-dibromobiphényle. Le produit principal obtenu est encore le dérivé dibromé de formule $(C^6H^4)^8Br^2$, identique au précédent, mélangé à des termes homologues parmi lesquels nous avons pu isoler une petite quantité des composés $(C^6H^4)^4Br^2$ et $(C^6H^4)^{12}Br^2$.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les conditions d'utilisation de divers sucres (glucose, galactose et lévulose) dans la respiration cellulaire.* Note ⁽¹⁾ de M. **PHILIPPE JOYET-LAVERGNE**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le rythme des oxydations d'une cellule vivante peut être modifié quand on place cette cellule dans des conditions lui permettant d'absorber un supplément de glucose ⁽²⁾. Des expériences analogues ont été faites en utilisant la même technique, mais en remplaçant la solution de glucose soit par une solution de galactose à 1 %, soit par une solution de lévulose à 1 %. Elles montrent que chacun de ces deux sucres est, comme le glucose, capable de modifier le rythme des oxydations intracellulaires. Dans certaines expériences, il y a augmentation de la respiration par absorption du sucre, dans d'autres l'effet du sucre est nul ou même négatif. Le sens de l'action du sucre ne dépend de l'organisme étudié que d'une façon secondaire. Chaque type cellulaire d'un organisme possède, à ce point de vue, une certaine indépendance dans son comportement.

Une étude comparée sur les trois sucres permettra de savoir si les conditions de la vie cellulaire qui fixent le sens de l'action d'un sucre sont les mêmes pour les trois glucides. Pour chaque type cellulaire étudié, on prélève, sur le tissu vivant, quatre fragments microscopiques égaux. Chacun de ces fragments est placé dans l'un des quatre milieux suivants : 1° Ringer; 2° Ringer contenant 1 % de glucose; 3° Ringer contenant 1 % de galactose; 4° Ringer contenant 1 % de lévulose. Le séjour dans les divers milieux est le même pour tous les fragments et leurs pouvoirs d'oxydation sont ensuite étudiés par l'action de chacun d'eux sur des quantités égales du même leucodérivé; leucodérivé du bleu de méthylène, ou leucodérivé de la phénosafranine. Dans les expériences sur les tissus végétaux, on remplace, dans chacun des quatre milieux, la solution de Ringer par de l'eau distillée.

Les résultats obtenus sont les suivants : Dans certaines expériences l'action des trois sucres est la même. Elle a été positive avec les tissus suivants : encéphale d'Orvet, foie de Sole, muscle de la pince, du céphalothorax et du cœur de Crabes; branchies de Crabes; jeunes ovules d'Arum; bractée d'Iris; épiderme d'Orchis; épiderme de Jacinthe. Pour les tissus végétaux la réaction positive du lévulose est plus faible que celle des

⁽¹⁾ Séance du 4 juin 1945.

⁽²⁾ PH. JOYET-LAVERGNE, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 412.

deux autres sucres. Une action nulle a été constatée pour les trois sucres sur les tissus suivants : muscle cardiaque de l'Orvet; encéphale de Sole; muscle de la pince et tissu branchial de Crabes, paroi des anthères d'Arum. Enfin il y a eu une action négative, c'est-à-dire une diminution du pouvoir d'oxydation des cellules, pour les trois sucres, sur l'encéphale de Sole et sur les jeunes ovules d'Iris.

On observe fréquemment des actions différentes de chaque sucre sur le même tissu.

Glucose.	Galactose.	Lévéulose.	
+	o	—	Muscles cardiaques de Crabes. Épiderme d'Arum.
+	—	+	Écorce cérébrale de la Poule.
o	+	o	Muscle cardiaque d'un Crabe mâle.
o	+	—	Muscles de la pince et du cœur de Crabes mâles.
+	o	—	Muscle de la pince d'un Crabe mâle et filet de l'étamine de <i>Lychnis dioica</i> .

Ainsi les facteurs de la vie cellulaire qui règlent le métabolisme d'un sucre sont différents suivant le sucre considéré.

Nous avons montré le rôle de la vitamine B₂ dans le métabolisme du glucose (²). Cette vitamine intervient-elle dans le métabolisme des deux autres sucres? Pour le savoir on fait l'étude, pour chacun des types cellulaires cités plus haut, d'une série de cinq fragments microscopiques du même tissu vivant : quatre de ces fragments sont soumis, comme précédemment, à l'action de l'un des quatre milieux précisés plus haut, le cinquième séjourne pendant le même temps dans une solution de ringer contenant 1/1000^e de lactoflavine. Les cinq fragments sont alors soumis à l'action d'un même leucodérivé. On peut ainsi étudier leurs pouvoirs d'oxydation. On constate dans ces expériences que, si l'action d'un supplément de glucose est toujours nettement fixée par la teneur de la cellule en vitamine B₂ (³), il n'en est pas de même pour l'action d'un supplément de galactose ou d'un supplément de lévulose. Ces actions varient suivant les types cellulaires; en particulier elles peuvent être positives, c'est-à-dire capables d'augmenter le pouvoir oxydant intracellulaire, malgré une déficience nette de la cellule en vitamine B₂.

CONCLUSIONS. — *Les facteurs de la vie cellulaire qui règlent le métabolisme d'un sucre sont différents suivant le sucre considéré. La cellule peut, parfois, utiliser un supplément de l'un des sucres, alors que le supplément d'un autre sucre crée, pour elle, les conditions d'un déséquilibre nutritif et amoindrit sa respiration. Le métabolisme du galactose et celui du lévulose paraissent indépendants de la vitamine B₂. On doit seulement tenir compte du glucose dans l'appréciation du poids des glucides absorbés qui peut fixer la teneur en vitamine B₂ d'une ration alimentaire.*

La différence de comportement de la vitamine B₂ vis-à-vis des divers

(³) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 406.

monosaccharides étudiés permet de comprendre pourquoi la substitution du galactose au glucose dans un régime complet et équilibré peut, malgré l'abondance de vitamine B, créer un état de déséquilibre alimentaire ⁽⁴⁾. *L'impuissance de la vitamine B₂ à participer au métabolisme du galactose entraîne la nécessité d'apporter, dans une ration alimentaire riche en lactose un autre catalyseur d'oxydation.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la synthèse enzymatique des pyrophosphates minéraux in vitro.* Note de MM. JEAN ROCHE, NGUYEN-VAN THOAI et M^{lle} ÉLIANE DANZAS, présentée par M. Maurice Javillier.

Les tissus animaux et végétaux renferment des phosphatases hydrolysant spécifiquement, les unes les esters phosphoriques, les autres les pyrophosphates. Or, si l'activité synthétisante des phosphomonoestérases *in vitro* a été démontrée par de nombreux auteurs (Kay, Courtois, Roche, Nguyen-van Thoi et Danzas), celle des pyrophosphatases n'a pas fait l'objet de recherches systématiques; aussi y avait-il intérêt à réaliser la synthèse enzymatique des pyrophosphates dans des milieux de composition définie et à étudier ses modalités.

Les enzymes catalysent les deux réactions inverses qui se produisent dans un système qui tend vers son équilibre. On pouvait dès lors espérer que les pyrophosphatases donnent naissance à des orthophosphates, selon l'équation $2 \text{PO}^4\text{H}^3 \rightleftharpoons \text{P}^2\text{O}^7\text{H}^4 + \text{H}^2\text{O}$, dans des conditions qui demeureraient à préciser. La plus importante de celles-ci nous a paru être une concentration aussi élevée que possible en un orthophosphate susceptible de former un hydrate et, par là, de diminuer la teneur du milieu en eau libre (Nieloux). Partant de ces données, nous avons opéré la synthèse de pyrophosphates en faisant agir la pyrophosphatase alcaline de l'intestin ⁽¹⁾ sur une solution saturée de phosphate disodique, $\text{PO}^4\text{Na}^2\text{H} \cdot 12\text{H}^2\text{O}$. Nos expériences et leurs résultats peuvent être ainsi résumés :

De la muqueuse intestinale de Chien, prélevée aussitôt après la mort de l'animal, est extraite pendant 1 heure à 15° au moyen de trois volumes d'eau distillée. La solution obtenue est ensuite saturée de phosphate disodique et maintenue à 37° après addition de chloroforme, le pH du mélange étant égal à 8,6. En déterminant à des temps successifs la teneur du milieu en orthophosphate par la méthode de Briggs-Robison appliquée à des prises d'essai, on constate que la solution s'appauvrit en ce sel jusqu'à ce qu'un équilibre, correspondant à la disparition de 20 à 23 % de l'orthophosphate, soit atteint, en 48 heures environ.

⁽⁴⁾ L. RANDOIN et F. MILHAUD, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1426; R. LECOQ, P. CHAUCHARD et M^{me} H. MAZOUÉ, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 25, 1943, p. 73.

⁽¹⁾ J. ROCHE, S. DE LAROMIGUIÈRE et A. LAURENS, *Bull. Soc. Chim. biol. (Trav.)*, 24, 1942, pp. 1019-1030.

Ce phénomène traduit la formation de pyrophosphate, lequel a été caractérisé de la manière suivante : 1° l'addition au milieu de réactif lutéocobaltique de Braun y provoque la formation d'un précipité cristallin jaune brun; 2° le chauffage, au bain-marie bouillant, de la solution, acidifiée par l'acide chlorhydrique jusqu'à concentration normale en celui-ci y fait réapparaître en 5 minutes la totalité de l'orthophosphate, la cinétique de la mise en liberté de PO^4H^3 étant identique à celle de l'hydrolyse des pyrophosphates dans les mêmes conditions (Lohmann); 3° on a isolé du milieu du pyrophosphate de magnésium souillé de petites quantités d'orthophosphates (précipité blanc se formant à l'ébullition en présence d'acétate d'ammonium et de magnésium et d'acide acétique), à partir duquel on a préparé du pyrophosphate d'argent pur (précipité blanc, insoluble en milieu acétique, répondant à la formule $\text{P}^2\text{O}^7\text{Ag}^4$; Ag %, théorique 71,28; trouvé 70,12).

La synthèse enzymatique des pyrophosphates réalisée dans les conditions décrites plus haut n'a plus lieu régulièrement lorsque l'on emploie des extraits de muqueuses intestinales ayant subi un certain degré d'autolyse; aussi avons-nous pensé que sa vitesse est régie par un activateur naturel, labile, comme tel est le cas pour la synthèse phosphatasique des esters ⁽²⁾. L'expérience a montré qu'il en est bien ainsi. En effet, d'une part les extraits des muqueuses fraîches perdent leur pouvoir synthétisant, tout en conservant une activité hydrolytique importante vis-à-vis des pyrophosphates après avoir été dialysés pendant trois jours à 37° et, d'autre part, ils redeviennent alors aptes à catalyser la formation des pyrophosphates, si on les mélange à leur dialysat. La fraction active de celui-ci a pu être séparée par précipitation à l'acétone ou à l'acétate neutre de plomb. L'activateur perd toute efficacité s'il a été incinéré ou même porté à 100° pendant 5 minutes en solution aqueuse. Il présente à ces divers égards un ensemble de caractères très voisins de ceux de l'effecteur naturel de la synthèse enzymatique des esters phosphoriques.

Conclusions. — La pyrophosphatase alcaline de l'intestin (Chien) catalyse *in vitro* l'anhydrisation des orthophosphates en pyrophosphates comme l'hydrolyse de ces derniers, des conditions prévues par la loi d'action de masse régissant le sens de la réaction d'équilibre $2\text{PO}^4\text{H}^3 \rightleftharpoons \text{P}^2\text{O}^7\text{H}^4 + \text{H}_2\text{O}$.

La vitesse de la formation des pyrophosphates est sous la dépendance d'un activateur naturel, analogue par ses propriétés à celui favorisant la synthèse des esters phosphoriques par la phosphomonoestérase alcaline de l'intestin.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

A. Lx.

(²) NGUYEN VAN THOAI, J. ROCHE et E. DANZAS, *Bull. Soc. Chim. biol. (Trav.)*, 26, 1944, pp. 1138-1157.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUIN 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation des décrets, en date du 11 juin 1945, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **POL BOUIN** pour occuper dans la Section des Membres non résidents la place vacante par le décès de M. *Paul Sabatier*, et de M. **JOSEPH MAGROU**, pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *Marin Molliard*.

Il est donné lecture de ces décrets.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **JOSEPH MAGROU** prend place parmi ses Confrères.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Polémoniacées.*
Développement de l'embryon chez le Polemonium pauciflorum
Wats. Note de M. **RENÉ SOUÈGES**.

Chez le *Polemonium caeruleum*, au cours de précédentes observations⁽¹⁾, je n'ai pu rencontrer, à la deuxième génération cellulaire, que la tétrade dite linéaire, c'est-à-dire comportant quatre blastomères en disposition superposée. J'ai été amené, de la sorte, à rapporter à ce seul type de proembryon quadricellulaire les formes proembryonnaires plus anciennes et à formuler des lois générales du développement ne tenant compte que de la disposition linéaire des quatre premiers blastomères. Chez le *Gilia tricolor*⁽²⁾ j'ai pu observer à la fois la tétrade linéaire et la tétrade en T, celle-ci comportant deux éléments inférieurs superposés et deux éléments supérieurs juxtaposés, séparés par une paroi généralement inclinée sur la verticale. Aux stades ultérieurs toutes les constructions proembryonnaires ont pu très aisément être rattachées à l'un ou à l'autre de ces deux types tétracellulaires. Chez le *Polemonium pauciflorum*, quoique certaines formes ne puissent être interprétées qu'en partant d'une tétrade

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1338; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 86, 1939, p. 289.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 543.

linéaire, seule a été trouvée une tétrade en T dérivant de la segmentation transversale de la cellule basale, *cb*, et de la segmentation plus ou moins verticale de la cellule apicale, *ca*, du proembryon bicellulaire (*fig. 1*).

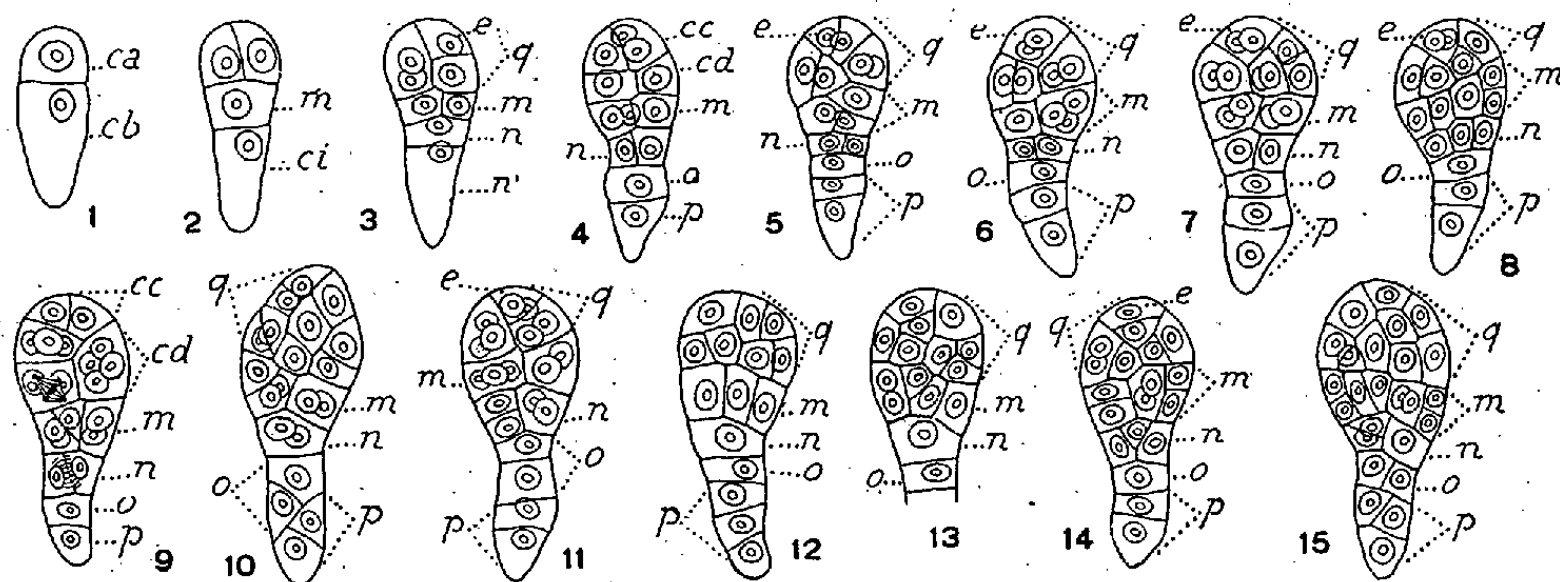


Fig. 1 à 15. — *Polemonium pauciflorum* Wats. — Les premiers termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca* ou groupes cellulaires qui en dérivent; *q*, quadrants; *e*, cellule épiphysaire; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*. G. = 300.

La figure 2 représente cette tétrade et la figure 3 le proembryon octocellulaire qui en résulte par bipartitions : les deux cellules inférieures se sont divisées l'une verticalement, l'autre transversalement; les deux cellules supérieures juxtaposées se sont segmentées, de même, l'une à gauche, par une paroi verticale placée dans le plan de la figure, l'autre à droite, par une paroi transversale faisant apparaître au sommet un élément qui fonctionne comme cellule épiphysaire, *e*. Les quatre éléments produits à ce stade par la cellule apicale ont valeur de quadrants.

Les figures 5 à 8, puis 10 à 15, permettent de se rendre compte de la marche de la segmentation dans les quadrants. Elle semble procéder assez régulièrement dans les premiers stades, mais ensuite (*fig. 12, 13, 15, 20 à 24*) il est difficile de dire exactement comment se succèdent les cloisons. Le plus souvent, le groupe épiphysaire *e* se détache nettement au sommet; dans certains cas toutefois, il demeure peu distinct, et, aux derniers stades de la vie proembryonnaire, il est difficile de retrouver les traces des premières cloisons dans toute cette partie supérieure destinée à donner naissance aux deux cotylédons et au cône végétatif de la tige (*fig. 27 à 31*).

Les deux éléments juxtaposés, visibles en *m* dans le proembryon octocellulaire, donnent généralement quatre cellules circumaxiales (*fig. 4, 7*), qui peuvent ensuite se cloisonner longitudinalement (*fig. 8*), transversalement (*fig. 14 à g.*) ou obliquement (*fig. 10 à g.*); les cloisons transversales ou obliques précèdent parfois les premières cloisons verticales (*fig. 5*). La segmentation continue à progresser de diverses manières (*fig. 15 à 30*); finalement elle aboutit à la formation d'un groupement cellulaire cylindrique qui correspond au rudiment de la tige hypocotylée.

La cellule *n* (*fig. 3*) donne à son tour naissance à quatre cellules circumaxiales (*fig. 5, 6, 7, 10, 12, 13*), qui se divisent ensuite de différentes manières, le plus souvent par cloisons obliques (*fig. 14, 15, 17, 20 à 22*); à un moment elles produisent deux assises cellulaires au moins (*fig. 25, 28 à 30*) aux dépens desquelles se constitue le rudiment de la racine, avec inférieurement les initiales du périlème de cet organe. La cellule *n'* (*fig. 3*) se partage en deux éléments superposés *o* et *p*; *p* produit un suspenseur n'offrant aucune différenciation

spéciale; *o* engendre directement, parfois après une nouvelle division transversale (*fig.* 11, 17 par exemple), le primordium de la coiffe. En 16, 19 à 30, l'élément *o* a donné deux, puis quatre cellules groupées autour de l'axe; celles-ci se divisent transversalement assez tard (*fig.* 31, 32) pour engendrer la portion médiane de la coiffe.

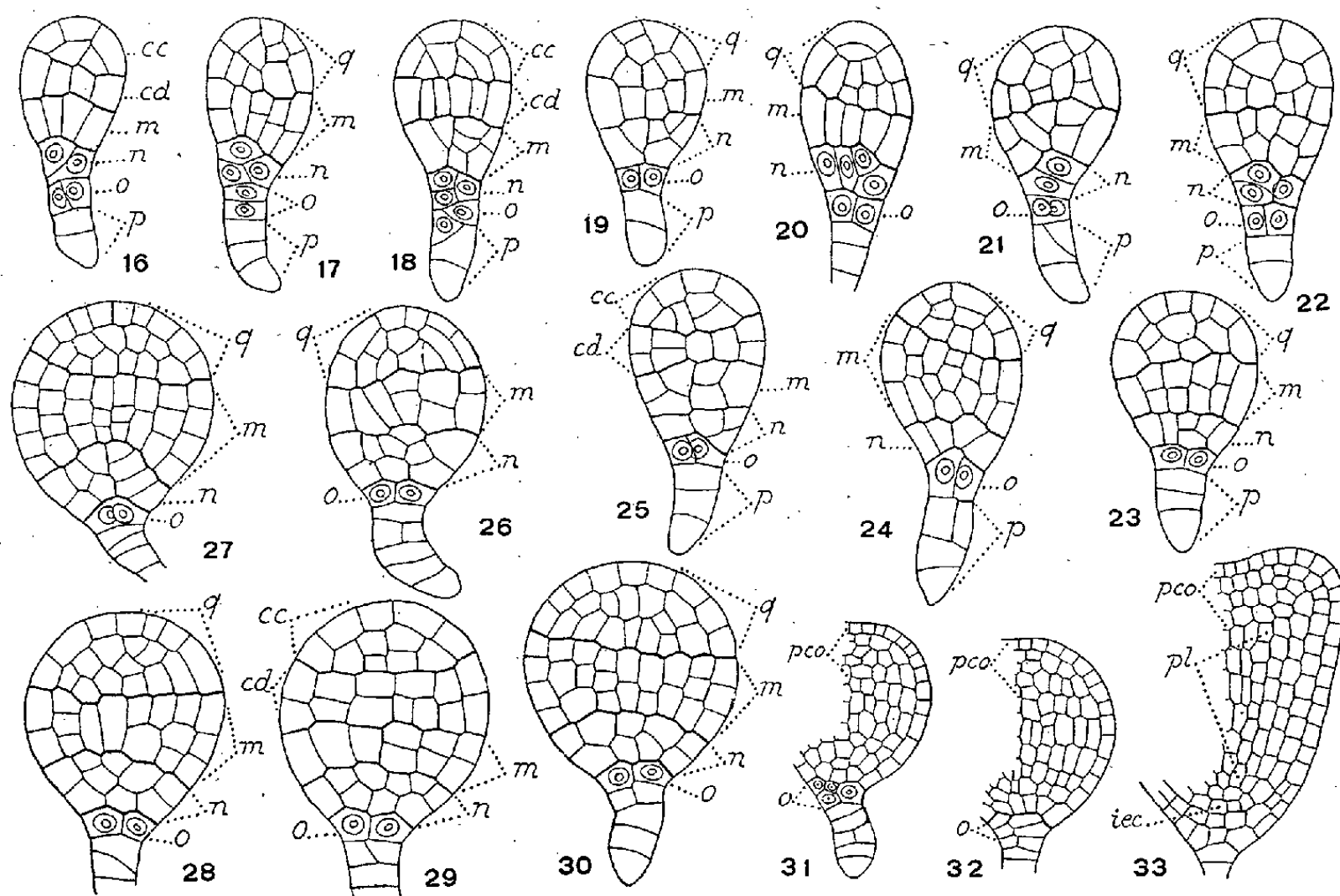


Fig. 16 à 33. — *Polemonium pauciflorum* Wats. — Les termes du développement qui précèdent la naissance des cotylédons. *n*, partie inférieure de la partie hypocotylée; *o*, primordium de la coiffe; *p*, suspenseur; *pco*, partie cotylée; *pl*, plérôme; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. Pour les autres lettres, voir figures 1 à 15. G. = 300; 150 pour 31, 32 et 33.

On ne peut interpréter rationnellement le mode de construction des formes représentées en 4, 9, 11, 16, 18, 25, 29, qu'en partant d'une tétrade linéaire composée de quatre éléments superposés, *cc*, *cd*, *m* et *ci*; la cellule terminale *cc*, donnerait, dans ce cas, soit la partie cotylée tout entière, soit seulement le groupe épiphysaire. D'autres formes paraissent franchement douteuses; celle qui se trouve figurée en 19 par exemple ne se prête, comparée aux formes du même âge, qu'à des explications difficilement acceptables; si l'on admet qu'elle dérive d'une tétrade en T, le groupement cellulaire différencié en *n*, comparé au même groupement des formes plus âgées dessinées en 21 et 22, paraît beaucoup trop avancé, et, d'un autre côté, si l'on part d'une tétrade linéaire, le groupement *n* se trouve reporté en *o*, ce qui contredit tout ce que les formes voisines mettent nettement en lumière.

En somme, il n'est guère possible de modifier les conclusions qui ont été déjà émises au sujet des *Gilia tricolor*. Si, chez le *Polemonium pauciflorum*, comme chez le *Gilia*, les formes le plus souvent observées se rapportent à une tétrade en T, avec différenciation, à la génération suivante, d'une cellule épiphysaire ayant, du point de vue embryogénétique, valeur d'un quadrant, beaucoup d'autres formes dérivent, d'une manière évidente, d'une tétrade linéaire et

peuvent offrir, dans les destinées de leurs premiers blastomères, de profondes variations. Il faut reconnaître, d'autre part, que la direction le plus souvent oblique des parois, dès les premiers stades, et le développement inégal des parties dans des embryons apparemment de même âge, rendent souvent peu distincte la séparation des étages, font obstacle à la détermination d'un rigoureux enchaînement des formes et créent ainsi des conditions fort peu favorables à l'établissement de lois générales du développement, constantes et indiscutables.

M. **ALBERT PORTEVIN** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage édité sous la direction de la *Commission technique des états et propriétés de surface des métaux* et intitulé *Études sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages. Relations avec les modes d'élaboration et de transformation de ces alliages*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **MAURICE LUGEON** fait hommage à l'Académie de la feuille *Diablerets*, n° 19 de l'*Atlas géologique de la Suisse*, dont le levé géologique a été établi par lui, et de la *Notice explicative* qu'il a rédigée pour cette Carte.

M. **SELMAN A. WAKSMAN** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances*.

COMMISSIONS

Par l'unanimité des suffrages MM. **G. PERRIER**, **CH. FABRY**, **P. LANGEVIN**, **CH. MAUGUIN**, **P. MONTEL**, **P. JOLIBOIS**, **R. COURRIER** sont désignés pour former, avec le Bureau de l'Académie, la Commission du *prix Le Conte*.

CORRESPONDANCE

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Publications scientifiques de l'Institut géographique national. I. *La Géométrie des sphéroïdes à l'usage des ingénieurs géographes*. 1^{er} fascicule : *Introduction à la géométrie des sphéroïdes; Géométrie à deux dimensions sur une surface*, par M. JEAN LABORDE.

2° **WILHELM REICH**. *From the Orgone and Cancer Research Laboratory. Experimental Orgone therapy of the Cancer Biopathy* (1937-1943), in *International Journal of Sex-Economy and Orgone-Research*, 7, n° 1.

3° *Faune de l'Empire français*. III. *Coléoptères scarabéides de l'Indochine*. Première partie, par M. **RENAUD PAULIAN** (présenté par M. L. Fage).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la différence entre le ralentissement polaire de la vitesse de rotation des taches solaires et celui des protubérances.* Note de M. et M^{me} L. D'AZAMBUJA, présentée par M. Henri Deslandres.

Des très nombreuses mesures effectuées sur les taches il résulte que leur vitesse angulaire de rotation sidérale par 24 heures, ξ , ou, comme on l'admet habituellement, celle de la couche qui les porte, est bien représentée, sur un parallèle de latitude héliographique φ , par la formule

$$(1) \quad \xi = 14^{\circ},37 - 2^{\circ},60 \sin^2 \varphi,$$

valable entre les latitudes 0 et 40°, au delà desquelles les taches ne se montrent presque jamais. Ainsi un méridien, tracé sur la photosphère, se déforme rapidement avec le temps, les parties de sa trajectoire les plus éloignées de l'équateur se courbant de plus en plus vers l'Est et tendant à devenir parallèles aux cercles de latitude.

Les longues lignes sombres ou *filaments*, qui, sur les spectrohéliogrammes de la chromosphère supérieure, marquent la projection des protubérances sur le disque solaire, offrent, à première vue, une grande analogie avec des arcs de méridiens courbés par le ralentissement polaire. Nous avons montré antérieurement (*Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1128; *L'Astronomie*, 55, 1941, pp. 217, 247 et 265) qu'ils se forment suivant une direction privilégiée, voisine de celle du pôle. Nous avons montré également qu'à ce moment, ils se situent, comme les taches, dans les *zones royales*. Ils n'ont alors que quelques degrés héliographiques de longueur et se développent ensuite en progressant vers les hautes latitudes, d'abord assez vite, puis plus lentement, le déplacement moyen de leur centre étant de 1°,3 par rotation (27 jours environ). Ils persistent pendant plusieurs rotations, quatre ou cinq en général, et finissent par disparaître en s'incorporant parfois, alors que leur direction se confond presque avec elle, dans la couronne plus ou moins permanente des filaments polaires, circulant entre 40 et 70° de latitude, suivant la phase du cycle undécennal.

L'accord étroit, au cours du temps, entre les variations de forme des méridiens et celles des filaments, nous avait d'abord fait penser que ceux-ci naissent dans les couches sous-jacentes sur toute la longueur de l'arc de latitude qu'ils occuperont ensuite et que leur mouvement vers le pôle marque plutôt une propagation lente de leur visibilité à partir de la région des taches. Cependant, dès 1938 (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 819), la mesure du mouvement en longitude, aux passages successifs sur le disque, de l'intersection de nombreux filaments avec des parallèles donnés, nous avait révélé que leur ralentissement polaire est plus petit d'un quart environ que celui déduit de l'observation des taches. Au cours d'un travail récent, où nous avons eu l'occasion de comparer, rotation

par rotation, les trajectoires de méridiens soumis à ce dernier ralentissement aux dessins de chacun des filaments un peu importants représentés sur nos cartes synoptiques, il s'est confirmé, sur les 160 cas étudiés, que la trajectoire des filaments est décidément plus ouverte que celle des méridiens, le coefficient de $\sin^2 \varphi$, dans la formule (1), passant de 2°,60 à 1°,6, d'où un ralentissement polaire encore un peu plus petit que celui trouvé en 1938.

Nous n'avions pas alors donné d'interprétation de cette particularité. Elle s'explique bien en admettant que, contrairement à ce que nous avions supposé d'abord, le déplacement vers le pôle correspond à un mouvement réel de la matière qui constitue les filaments. Dans ce mouvement, les phénomènes, rencontrant des couches dont la vitesse linéaire est plus faible que la leur, aussi bien à cause du ralentissement polaire que parce que le rayon des parallèles de latitude croissante est de plus en plus petit, ne sont que partiellement entraînés par ces couches et tendent à se redresser sur la trajectoire des méridiens.

L'effet doit être moins marqué aux latitudes élevées où les filaments, de formation plus ancienne, ont un mouvement vers le pôle moins rapide. Mais cette dernière conséquence ne peut être vérifiée directement car, à partir de 40°, le ralentissement polaire des couches superficielles du Soleil n'est plus connu que par les observations spectroscopiques, pour lesquelles le coefficient de $\sin^2 \varphi$, voisin de 3°,6, est peut-être un peu différent de celui auquel conduirait l'observation des taches, s'il en existait à la même latitude. D'autre part nos mesures de 1938 sur les filaments polaires, reposant sur la détermination des longitudes, aux rotations successives, du centre de figure de phénomènes persistants, mais toujours instables et complexes, étaient présentées comme donnant seulement des indications sur la valeur de leur vitesse de rotation. Pour augmenter la précision nous avons alors mesuré, dans les mêmes filaments, le mouvement en longitude de petits éléments nettement distincts et aisément identifiables pendant plusieurs jours. Le coefficient de $\sin^2 \varphi$, 4°,4, déduit de ces mesures, est bien voisin de celui que donne la méthode spectroscopique, eu égard à la précision des déterminations. Dès lors il semble que le ralentissement polaire des filaments, aux latitudes élevées, peu influencé par un mouvement vers le pôle devenu très faible, se confond sensiblement avec celui de la couche qui porte ces phénomènes. Il semble aussi que la vitesse de cette couche doit différer bien peu de celle de la couche renversante, mesurée spectroscopiquement. En conclusion l'écart observé entre le ralentissement polaire des taches et celui des filaments s'explique simplement par la seule action du mouvement propre vers les pôles de ces derniers phénomènes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la pression atmosphérique sur la planète Mars par photométrie visuelle.* Note ⁽¹⁾ de M. GÉRARD DE VAUCOULEURS, présentée par M. Charles Fabry.

1. La pression atmosphérique p_0 à la surface de Mars a déjà fait l'objet de trois déterminations par des méthodes physiques : Menzel (1925), par comparaison des albédos visuel et photographique de Mars, $p_0 < 5$ cm Hg ⁽²⁾; Lyot (1929), par la polarisation visuelle de la lumière globale de la planète, $p_0 < 1,8$ cm Hg ⁽³⁾; Barabascheff et Semejkin (1933), par photométrie photographique dans le jaune et le rouge, $p_0 = 3,7$ cm Hg ⁽⁴⁾.

J'ai obtenu une nouvelle valeur à l'aide des cotes d'intensité des grandes plages de la planète estimées visuellement pendant l'opposition de 1939 ⁽⁵⁾, qui permettent de déterminer la brillance propre b de l'atmosphère martienne et par suite p_0 . Les cotes observées T donnent en effet les brillances relatives β par la relation empirique

$$(1) \quad \log \beta = -0,125 (T - 2),$$

puis, en tenant compte de la brillance moyenne du disque martien ($0,25$ bg.cm⁻²), la brillance vraie de l'atmosphère

$$(2) \quad b_1 = 0,27 \beta_1 \text{ bg.cm}^{-2}.$$

2. Une méthode absolue, faisant appel à la brillance globale des plages sombres, fournit d'abord des limites de β_1 :

A. Une limite supérieure, en attribuant à l'atmosphère seule la totalité de la brillance apparente des taches les plus sombres :

a. au centre du disque, *Syrtis Major*, *Sinus Meridiani* et *Sinus Sabæus*, $T = 7,3 \pm 0,2$ (e. p.), d'où $\beta_1 < 0,12 \pm 0,015$ (e. p.);

b. au terminateur à 42° du centre du disque ($\sec 42^\circ = 1,35$), les mêmes plages et *Mare Sirenum*, $T = 6,6$, d'où $\beta_1 < 0,12 \pm 0,01$ (e. p.);

c. frange sombre polaire sud à 55° du centre ($\sec 55^\circ = 1,74$); $T = 6,5$ (corrigée de l'effet de contraste) ⁽⁶⁾, d'où $\beta_1 \leq 0,10 \pm 0,02$ (e. p.).

B. Une limite inférieure, en cherchant à isoler dans la brillance des plages sombres l'effet de la différence des épaisseurs d'atmosphère interposées au centre et au terminateur dans l'hypothèse d'une brillance du sol constante; on trouve ainsi $\beta_1 > 0,085 \pm 0,03$ (e. p.).

C. La valeur même de β_1 peut être atteinte en tenant sommairement

⁽¹⁾ Séance du 23 avril 1945.

⁽²⁾ *Astroph. Journ.*, 63, 1926, p. 48.

⁽³⁾ *Ann. Obs. Meudon*, 7, 1928, p. 1.

⁽⁴⁾ *Zeits. f. Astroph.*, 8, 1934, p. 44.

⁽⁵⁾ *Ann. Obs. Houga*, 1, 1942, p. 1.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 602.

compte des variations de la brillance du sol dans le cas précédent, on trouve $\beta_1 = 0,11 \pm 0,02$ (e. p.).

3. Une méthode différentielle, faisant appel aux variations de la brillance apparente β des plages en fonction de la distance δ au centre du disque, dans des limites telles que celles de la brillance propre du sol soit négligeable, fournit immédiatement la valeur de β_1 . On vérifie en effet que, au voisinage du centre du disque ($\delta < 60^\circ$), la brillance moyenne β croît en direction du limbe (angle de phase moyen 27°) proportionnellement à $\sec \delta$, c'est-à-dire proportionnellement à l'épaisseur d'atmosphère interposée, dont l'influence se révèle ainsi très directement; on peut donc écrire

$$(3) \quad \beta = \beta_0 + \beta_1 \sec \delta$$

et déduire β_1 des observations par la méthode des moindres carrés. Les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

	T.	β_0	β_1
a.	1,6-2,0.....	$0,947 \pm 0,033$ (e. p.)	$0,087 \pm 0,025$ (e. p.)
b.	2,0-2,3.....	$0,846 \pm 0,061$ »	$0,099 \pm 0,047$ »
c.	5,1-6,2.....	$0,300 \pm 0,039$ »	$0,079 \pm 0,031$ »
d.	7,0-7,4.....	$0,099 \pm 0,007$ »	$0,118 \pm 0,018$ »
d'.	7,0-7,4.....	$0,111 \pm 0,025$ »	$0,106 \pm 0,022$ »

On constate, que les valeurs de β_1 obtenues sont remarquablement concordantes, eu égard à la difficulté d'une telle détermination, à peu près indépendantes de la brillance moyenne des plages utilisées, et qu'elles sont en excellent accord avec celles déduites de la méthode absolue, ce qui confirme à la fois la validité des deux méthodes et l'exactitude substantielle de la relation (1), $\beta = f(T)$ adoptée.

La moyenne pondérée $\beta_1 = 0,10 \pm 0,01$ (e. p.) fournit donc, d'après (2), la brillance visuelle de l'atmosphère martienne observée sous l'épaisseur unité à 27° du rayonnement incident

$$b_1 = 0,027 \pm 0,003 \text{ (e. p.) } \text{bg. cm}^{-2}.$$

4. L'application des lois de la diffusion moléculaire de la lumière donne alors, dans le cas probable d'une atmosphère d'azote supposée parfaitement pure, et toutes corrections faites (angle de phase, diffusion par le sol), une limite supérieure du facteur de transmission τ de l'atmosphère martienne, $\tau = 0,986 \pm 0,002$ (e. p.), et une limite supérieure de la pression au sol,

$$p = 12,5 \pm 1,5 \text{ (e. p.) cm Hg.}$$

Une comparaison avec des mesures directes de la brillance de l'atmosphère terrestre par temps clair^(*) donne la valeur plus vraisemblable

$$p_0 = 7 \pm 1 \text{ (e. p.) cm Hg.}$$

(*) J. PEYRE, *Rev. Opt.*, 6, 1927, p. 73.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le principe fondamental de la Mécanique ondulatoire relativiste et la théorie des corpuscules limites*. Note ⁽¹⁾ de M. **BERNARD KWAL**.

Nous avons montré que les équations de Dirac peuvent se déduire de la transformation de Lorentz, écrite au moyen des quaternions (formule de Cayley), transformation qui relie les valeurs que possède le quadrivecteur quantité de mouvement-énergie dans un référentiel possible à celles $(0, m_0 c)$ qu'il possède dans le référentiel propre du corpuscule. Ce théorème prend une forme plus simple dans le cas des équations primaires du corpuscule de spin $1/2$ (*Archives des Sc. Phys. et Nat.*, Genève, 1944 et 1945). Posons

$$\begin{aligned} (1) \quad \Psi &= \begin{vmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \end{vmatrix}, \quad \tilde{\Psi} = \begin{vmatrix} -\psi_2 \\ \psi_1 \end{vmatrix}, \quad \Psi^{-1} = |-\psi_2, \psi_1|; \\ (2) \quad A &= \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}, \quad \tilde{A} = \begin{vmatrix} a_{22} & -a_{21} \\ -a_{12} & a_{11} \end{vmatrix}, \quad A^{-1} = \frac{1}{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}} \begin{vmatrix} a_{22} & -a_{12} \\ -a_{21} & a_{11} \end{vmatrix}; \\ (3) \quad \Delta_+ &= \begin{vmatrix} \partial_t - \partial_3 & \partial_1 + i\partial_2 \\ \partial_1 - i\partial_2 & \partial_t + \partial_3 \end{vmatrix}; \quad \Delta_- = \begin{vmatrix} \partial_t + \partial_3 & -(\partial_1 + i\partial_2) \\ -(\partial_1 - i\partial_2) & \partial_t - \partial_3 \end{vmatrix}. \end{aligned}$$

Nous admettrons pour ψ la transformation relativiste

$$(4) \quad \psi = \Lambda \psi', \quad \lambda_{11}\lambda_{22} - \lambda_{12}\lambda_{21} = 1,$$

et, pour un quadrivecteur P ,

$$(5) \quad P = \tilde{\Lambda}^* P' \Lambda^{-1},$$

qui se transforme donc comme le produit extérieur $\tilde{\Psi}^* \times \Psi^{-1}$. Mais, si dans (5) nous envisageons un référentiel comme étant le référentiel propre du corpuscule, où P se réduit à la matrice diagonale $m_0 c 1$, alors Λ se réduit à une matrice à une colonne du type ψ . Nous aurons donc, à la place de (5),

$$(6) \quad P \tilde{\theta}^* = m_0 c \psi \quad \text{ou} \quad P^{-1} \psi = \frac{1}{m_0 c} \tilde{\theta}^* (\theta^{-1} \Psi = 1).$$

En remplaçant les composantes p_k par $-(\hbar/i)\partial_k$ et W/c par $(\hbar/i)\partial_t$, les équations (6) se transposent en équations de Dirac.

Fixons maintenant notre attention sur la formule (5) et considérons les corpuscules limites (les *limitons*), c'est-à-dire les corpuscules qui se meuvent avec la vitesse de la lumière et pour lesquels la définition du référentiel propre n'est pas possible. Pour ces corpuscules, c'est la formule (5) qui doit servir de base de départ. Posons donc

$$(7) \quad \bar{P} \psi = \tilde{\Psi}^* \bar{P}',$$

avec

$$(8) \quad \bar{P} = \begin{vmatrix} \frac{W}{c} + p_3 & -(p_1 + ip_2) \\ -(p_1 - ip_2) & \frac{W}{c} - p_3 \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad \Psi = \begin{vmatrix} \psi_1 & \psi_3 \\ \psi_2 & \psi_4 \end{vmatrix}.$$

⁽¹⁾ Séance du 18 juin 1945.

Remplaçons-y W/c et p_k par $(\hbar/i)\partial_t$ et $-(\hbar/i)\partial_k$, il vient

$$(9) \quad \Delta\psi = \frac{i}{\hbar} \tilde{\Psi}^* \bar{P}, \quad \left(\mathcal{O}^{\beta\alpha} \psi_\alpha^\delta = \frac{i}{\hbar} \psi_\beta^{\tilde{\gamma}} P^{\gamma\delta} \text{ ou } \mathcal{O}^{\beta\alpha} \psi_\alpha^\gamma = \frac{i}{\hbar} \psi_\beta^{\tilde{\varepsilon}} P^{\varepsilon\gamma} \right).$$

Formons maintenant les équations composées du premier rang, en considérant deux systèmes simultanés d'équations primaires

$$(10) \quad \Delta^1\psi = \frac{i}{\hbar} {}^1\tilde{\Psi}^* \bar{P}, \quad \Delta^2\psi = \frac{i}{\hbar} {}^2\tilde{\Psi}^* \bar{P}.$$

En posant

$$(11) \quad \psi = {}^1\psi + i {}^2\psi, \quad \theta = {}^1\psi - i {}^2\psi,$$

$$(12) \quad \begin{cases} \Psi_1 = \psi_1 + \theta_1^*, & \Psi_3 = \psi_2 + \theta_3^*, & \Psi_5 = \psi_3 + \theta_2^*, & \Psi_7 = \psi_4 + \theta_1^*, \\ \Psi_2 = \psi_1 - \theta_1^*, & \Psi_4 = \psi_2 - \theta_3^*, & \Psi_6 = \psi_3 - \theta_2^*, & \Psi_8 = \psi_4 - \theta_1^*. \end{cases}$$

On obtient finalement les équations sous la forme

$$(13) \quad (\partial_t + \beta_k \partial_k) \Psi = \frac{i}{\hbar} \gamma_e P_e \Psi \quad \text{avec} \quad P_4 = -i P_t.$$

Pour les limitons nous avons la condition $P^2 = P_t^2 - P_1^2 - P_2^2 - P_3^2 = 0$.
Quant aux matrices β_n et γ_e , en voici une représentation :

$$\beta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & & & & \\ 1 & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & & & & \\ & & & & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & 1 \\ & & & & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad \beta_2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & i & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & i & & & & \\ -i & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & -i & 0 & 0 & & & & \\ & & & & 0 & 0 & i & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & i \\ & & & & -i & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & -i & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad \beta_3 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & & & & \\ -1 & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & & & & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & & & & \\ & & & & 0 & -1 & 0 & 0 \\ & & & & -1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & 1 \\ & & & & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix},$$

$$\gamma_4 = \begin{vmatrix} 0 & i & 0 & 0 & & & & \\ -i & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & -i & & & & \\ 0 & 0 & i & 0 & & & & \\ & & & & 0 & -i & 0 & 0 \\ & & & & i & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & i \\ & & & & 0 & 0 & -i & 0 \end{vmatrix}, \quad \gamma_1 = \begin{vmatrix} & & & & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & & & & -1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & -1 \\ & & & & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & & & & & & & \\ 0 & & & & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 1 & & & & \\ 0 & 0 & -1 & 0 & & & & \end{vmatrix},$$

$$\gamma_t = \begin{vmatrix} & & & & 0 & i & 0 & 0 \\ & & & & -i & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & -i \\ & & & & 0 & 0 & i & 0 \\ & & & & & & & \\ & & & & 0 & -i & 0 & 0 \\ & & & & i & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & i \\ & & & & 0 & 0 & -i & 0 \end{vmatrix}, \quad \gamma_3 = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & & & & \\ 0 & 0 & 0 & -1 & & & & \\ & & & & -1 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & -1 \end{vmatrix}.$$

Dans un travail publié dans un autre Recueil nous avons étendu la théorie aux corpuscules de spin quelconque ainsi qu'aux corpuscules multi-ondulatoires.

De la même manière que la théorie des corpuscules qui se meuvent avec une vitesse inférieure à la vitesse de la lumière, et dans les mêmes conditions, la théorie des limitons admet l'existence des corpuscules chargés et des corpuscules neutres.

Les équations (13), relatives à une valeur propre P_a , s'écrivent $\psi_a^{-1} P \psi_a = P_a$ et s'interprètent, dans un espace hilbertien à rayon hypercomplexe Ψ , comme exprimant une transformation canonique qui rend *diagonale* la matrice hypercomplexe P .

ÉLECTRICITÉ. — Résistance électrique de couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation thermique. Note de M. LOUIS DUNOYER.

J'ai mesuré la résistance électrique des couches minces d'aluminium obtenues suivant une technique antérieurement décrite ⁽¹⁾, et déposées toutes en même temps sur des lamelles de verre (longueur 5 cm, largeur 1 cm). Les mesures ont été faites au pont de Wheatstone 4 mois après la préparation des couches. Les deux extrémités étaient fortement serrées dans des mâchoires en laiton soigneusement dressées, formant contact sur une surface de $1 \times 0,5$ cm².

Selon toutes vraisemblances, ces lames sont recouvertes d'une couche d'alumine, pour l'épaisseur de laquelle nous avons trouvé antérieurement ⁽²⁾ 3^µ,6, équivalant à une épaisseur calculée d'aluminium égale à 5^µ,4. Avant de déduire des mesures de résistance la résistivité de la couche d'aluminium non oxydé, il faut donc connaître la résistance opposée, perpendiculairement à son épaisseur, par cette couche d'alumine.

Soit R la résistance mesurée de l'une des lamelles, d l'épaisseur en millimicrons de la couche, calculée en divisant sa masse par la densité de l'aluminium massif, et $d' = d - 5,4$ celle de la couche d'aluminium non oxydé. Si l'on porte R en ordonnées et $1/d'$ en abscisses, la courbe doit devenir rectiligne quand la résistivité de la couche d'aluminium devient constante, c'est-à-dire pour les grandes épaisseurs, et la pente de cette droite donne la résistivité de la couche d'aluminium. Cette droite coupera l'axe des R au point d'ordonnée double de la résistance de la couche d'alumine, traversée deux fois.

Sur la figure construite comme il vient d'être dit, les 4 premiers points, correspondant aux plus grandes épaisseurs (98 à 76^µ), se placent bien sur une droite, et cette droite passe par l'origine. Il semble donc que pour ces épaisseurs la résistivité soit devenue constante, et que la résistance de la couche d'alumine soit pratiquement nulle, ce qui peut venir de ce que cette couche serait percée

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 520 et 686.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 816.

en de nombreux points par les aspérités résiduelles des mâchoires. Mais il est à noter que, d'après la pente de la droite, la résistivité (constante) de la couche d'aluminium serait sensiblement double de celle du métal usuel.

Si l'on pose en principe que la résistivité de la couche d'aluminium doit devenir égale à celle du métal usuel (mais ceci n'est pas évident et personne, à ma connaissance, n'a obtenu de couches minces, par simple dépôt, dont la résistivité, quelle que fût leur épaisseur, ne fût notablement plus grande que celle du métal usuel), la courbe de R doit se raccorder à une droite de pente deux fois moindre que la précédente. D'après mon graphique cette droite ne peut couper l'axe des R en une ordonnée supérieure à 0,8, ce qui donnerait 0,4 ohms pour la résistance de la couche d'alumine dans les conditions de mes mesures. Comme les résistances mesurées sont de plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'ohms pour les couches les plus minces, on voit que, de toute manière, il n'y a à tenir compte de la couche d'alumine que pour le calcul de l'épaisseur de la couche d'aluminium et non en raison de sa résistance propre.

Il est d'ailleurs à noter que la valeur 0,4 ohms trouvée ci-dessus comme limite supérieure de la résistance de la couche d'alumine conduirait, en raison de son épaisseur $3^{\text{m}},6$, à une résistivité 10^6 fois plus faible environ que sa valeur probable.

Cela posé, les résistivités ont été calculées en prenant pour épaisseur de la couche d'aluminium $d' = (d - 5^{\text{m}},4)$. Le tableau suivant contient les résultats, en appelant ρ_u la résistivité du métal usuel ($\rho_u = 2,76 \cdot 10^{-6} \omega$ à 12°). Il rappelle en outre les facteurs de transmission mesurés :

N° de la lamelle.	d' (en $\text{m}\mu$).	R (en ohms).	ρ/ρ_u .	T_0 .
1.....	92,6	2,349	1,989	0
2.....	88,5	2,444	1,978	0
3.....	79,7	2,763	2,013	0
4.....	70,7	3,129	2,023	0
5.....	62,4	3,694	2,108	0
6.....	53,7	4,790	2,352	0
7.....	45,6	6,118	2,551	0,007
8.....	37,4	8,121	2,777	0,005
9.....	29,9	11,356	3,104	0,013
10.....	23,5	16,080	3,455	0,028
11.....	18,6	23,098	3,928	0,048
12.....	14,9	33,931	4,623	0,073
13.....	11,9	50,330	5,476	0,101
14.....	9,4	76,996	6,618	0,135
15.....	7,2	143,156	9,424	0,173
16.....	5,1	453,066	21,127	0,220
17.....	3,3	3959,7	119,475	0,274
18.....	1,9	49484,0	859,64	0,353
19.....	0,9	∞	∞	0,452

La courbe $\log \rho / \rho_u = f(d')$ a l'allure d'une hyperbole (hyperbole de Pogany); elle ne se laisse pourtant qu'assez mal représenter par une formule $\log \rho / \rho_u = A/(d' - d'_0) + B$. Quoi qu'il en soit, on voit que la résistivité devient infinie pour une épaisseur d'aluminium d'environ $0^{\text{m}\mu},9$, équivalant à environ 2 couches atomiques.

Vincent a déjà montré autrefois qu'après avoir augmenté rapidement au-dessous de $50^{\text{m}\mu}$, la résistivité de couches d'argent déposées chimiquement devenait infinie pour une épaisseur de $37^{\text{m}\mu},5$. J'ai réuni dans le tableau suivant les valeurs que j'ai trouvées dans la bibliographie pour cette épaisseur critique. Les indications (c), (i), (e), à côté du nom d'auteur signifient que les dépôts ont été obtenus chimiquement, par ionoplastie ou par évaporation thermique.

Auteur.	Cd	Ag	Au	Pt	Ir	Rh	W	Ni
Vincent (1898) (e).....	—	37,5	—	—	—	—	—	—
Patterson (1903) (i).....	—	7,0	—	7,0	—	—	—	—
Pogany (1914) (i).....	—	7,0	—	7,0	—	—	—	—
Weber et Oosterhuis (1917) (e).....	—	6,5	—	1,6	—	—	0,4	—
King (1918) (i).....	—	6,0	6,0	1,5	—	—	—	—
Riède (1925) (i).....	—	—	—	—	—	—	—	12,0
Joliot (1929) (i).....	—	—	—	3,0	—	—	—	—
Braunsfurth (1931) (i).....	—	—	—	1,7	0,4	1,7	—	—
Townes et Roller (1935) (e).....	2	—	—	—	—	—	—	—
Krautkrämer (1938) (e).....	—	5,0	2,6	1,7	—	—	—	—
Colombani (1944) (i).....	—	—	—	—	—	—	—	60

La variabilité de ces nombres provient sans doute en partie de ce que certains auteurs définissent l'épaisseur critique comme étant celle au-dessous de laquelle la résistivité augmente « très rapidement ».

THERMODYNAMIQUE. — *Influence de la dissociation sur l'évolution adiabatique d'un mélange gazeux à haute température.* Note (1) de MM. **GUSTAVE RIBAUD** et **HUBERT GAUDRY**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'évolution adiabatique d'un mélange gazeux en réaction chimique réversible ne peut plus être exprimée par la formule différentielle classique

$$(1) \quad \frac{\frac{dT}{T}}{\frac{dP}{P}} = \frac{C - c}{C} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} = \text{const.}$$

Nous avons calculé la valeur actuelle de ce quotient, en réalité fonction de T et P. Toute transformation adiabatique obéit à la relation $J dE + P dV = 0$, qui exprime que l'accroissement de l'énergie interne du système est égal au

(1) Séance du 23 mai 1945.

travail des forces extérieures de pression. Ces grandeurs sont fonctions de T , P et de α , taux de dissociation, lequel, pour les réactions usuelles de combustion, est lié à la constante d'équilibre et au nombre total Σ de molécules présentes par une relation

$$K_p = \frac{P}{\Sigma} f(\alpha),$$

K_p varie en fonction de la température conformément à la loi de van't Hoff. Le calcul, qui ne peut être développé ici, fournit la relation

$$(2) \quad \frac{\frac{dT}{T}}{\frac{dP}{P}} = \frac{\left(\frac{Q}{T} + \frac{R}{J} \frac{d\Sigma}{d\alpha}\right) \frac{1}{\Sigma} \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)} + C - c}{\left(\frac{Q}{T} + \frac{R}{J} \frac{d\Sigma}{d\alpha}\right) \frac{1}{\Sigma} \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)} \frac{JQ}{RT} + C},$$

dans laquelle C et c sont les chaleurs spécifiques vraies du mélange, compte tenu de sa composition actuelle, Q la chaleur de dissociation d'une molécule de l'espèce dissociable et q la chaleur de dissociation figurant dans l'expression de van't Hoff. La relation (2) diffère de la relation (1) en ce que C n'est plus rigoureusement constant, et par la présence de deux termes correctifs. Celui du numérateur s'annulerait si l'équilibre étudié était indépendant de la pression. Nous appellerons la valeur calculée $(\Gamma - 1)/\Gamma$, sans préciser la signifi-

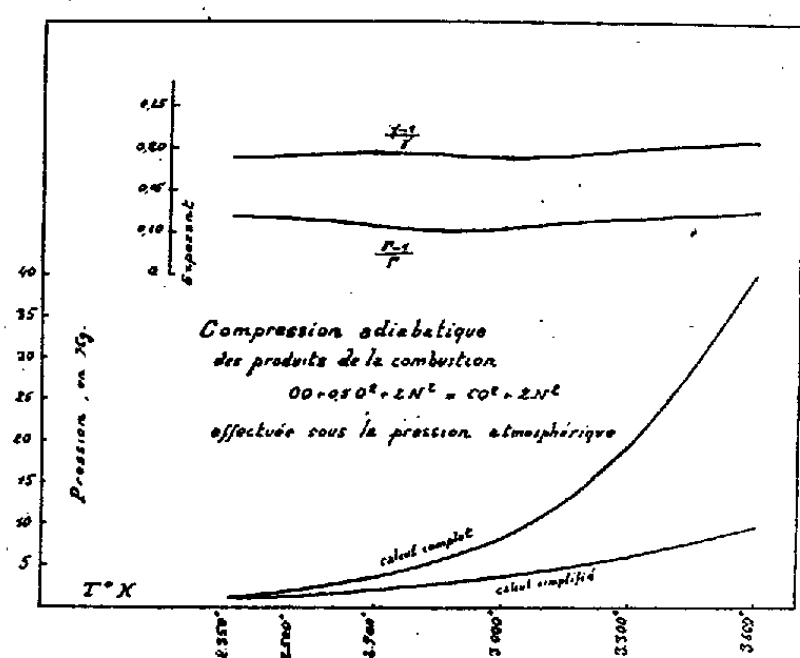


Fig. 1.

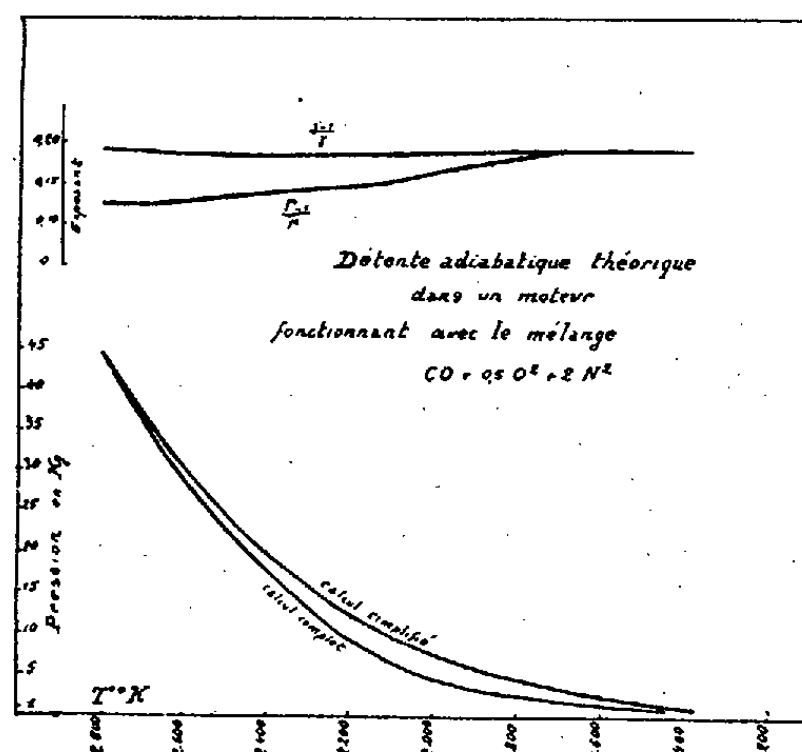


Fig. 2.

cation exacte de Γ ni étendre abusivement son emploi à d'autres formules classiques contenant γ .

Le calcul précédent ne peut être conduit que par approximations successives. A partir des valeurs obtenues on pourra, de proche en proche, tracer la courbe $P = f(T)$, assimilée à une série de branches pour lesquelles on adoptera une valeur moyenne de $(\Gamma - 1)/\Gamma$, courbe qui traduit l'évolution de façon suffisamment exacte.

Exemple 1. — Évolution adiabatique des produits de la combustion $\text{CO} + 0,5\text{O}_2 + 2\text{N}_2$, initialement formés dans une bombe remplie sous 1^{atm} et comprimés par l'entrée en réaction de nouvelles tranches. Sachant que la pression d'explosion atteint 9^{atm} , on comparera sur la figure 1 les températures correspondant au calcul complet et au calcul simplifié conduit en adoptant $(\gamma - 1)/\gamma = 0,19$.

Exemple 2. — Détente adiabatique dans un moteur supposé dépourvu de pertes calorifiques à la paroi et alimenté avec le même mélange, en admettant au point mort haut $T = 2800^\circ\text{K}$. et $P = 45^{\text{atm}},5$. La figure 2 traduit encore les écarts fournis par les deux modes de calcul.

Le calcul exposé ci-dessus ne paraît pas aisément généralisable à des dissociations complexes; il met toutefois en évidence des ordres de grandeur tels qu'on ne saurait négliger le phénomène de dissociation dans ces problèmes.

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle évaluation de la distorsion et de la coma.*

Note (1) de M. P.-MICHEL DUFFIEUX, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré (2) que l'on pouvait évaluer les moments d'inertie de l'image d'un point à travers un instrument d'optique par des intégrations sur les dérivées de la fonction $F(x, y)$ représentant l'état de mouvement dans sa pupille de sortie. Les nombres ainsi trouvés ne peuvent être interprétés comme une mesure de la dispersion de l'énergie lumineuse, du stigmatisme approché, que si l'on connaît la position du centre de gravité de cette image. Il nous suffira, pour le connaître, de calculer les moments des masses par rapport aux deux axes ou et ov du plan de l'image. Ces moments caractérisent d'ailleurs ce type de déformation des images que l'on peut appeler la *distorsion en phase* et qui est un des aspects de la coma et de la distorsion classiques.

$G(u, v)$ étant la transformée de Fourier de $F(x, y)$, l'image est la fonction $|G(u, v)|^2$. La transformée $D(x, y)$ de $|G(u, v)|^2$ peut être obtenue directement à partir de $F(x, y)$. D'après un corollaire du théorème de Parseval on peut en effet écrire

$$\begin{aligned} D(xy) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |G(u, v)|^2 e^{i2\pi(ux+vy)} du dv \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x'y') \text{conj } F(x' - x, y' - y) dx' dy' \end{aligned}$$

x' et y' sont des variables d'intégration, $\text{conj } F(x, y)$ est la quantité conjuguée de $F(x, y)$ obtenue par substitution de $-i$ à $+i$. Les deux intégrales peuvent

(1) Séance du 23 avril 1945.

(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 846.

être différenciées par rapport à x et y . Je n'écrirai que les relations relatives à x

$$\begin{aligned}\frac{\partial D}{\partial x} &= i 2 \pi \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u |G(uv)|^2 e^{i 2 \pi (ux + vy)} du dv \\ &= - \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x'y') \operatorname{conj} \frac{\partial}{\partial x} F(x' - x, y' - y) dx' dy'.\end{aligned}$$

Les valeurs des dérivées premières partielles de $D(x, y)$ à l'origine donnent les moments des masses cherchés. x et y ayant disparu du troisième membre on peut supprimer les accentuations et reprendre x et y comme variables d'intégration.

$$\frac{\partial D(o, o)}{\partial x} = i 2 \pi \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u |G(u, v)|^2 du dv = - \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x, y) \operatorname{conj} \frac{\partial F(xy)}{\partial x} dx dy.$$

L'énergie étant donnée par les intégrales

$$\begin{aligned}I &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |G(u, v)|^2 du dv = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |F(x, y)|^2 dx dy \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x, y) \operatorname{conj} F(xy) dx dy.\end{aligned}$$

Les coordonnées ξ et η du centre de gravité s'en déduisent immédiatement.

Ces équations prennent une forme particulièrement simple dans le cas usuel où le module A de $F(x, y)$ reste constant à l'intérieur du diaphragme limitant la pupille. $\varphi(x, y)$ étant alors l'argument de $F(x, y)$, c'est-à-dire la différence de phase entre les mouvements vibratoires au point (x, y) et au point de référence,

$$- \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x, y) \operatorname{conj} \frac{\partial F(xy)}{\partial x} dx dy = i A^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial \varphi(xy)}{\partial x} dx dy.$$

La ligne de discontinuité qui limite le diaphragme donne un élément différentiel nul et il suffit d'intégrer à l'intérieur du domaine où $F(x, y)$ n'est pas nul, c'est-à-dire sur l'étendue de la pupille de sortie. Une première intégration par rapport à x ramène l'intégrale de surface du second membre en une intégrale curviligne étendue au contour $\Delta(x, y)$ du diaphragme.

$$\begin{aligned}2 \pi \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u |G(uv)|^2 du dv &= A^2 \int_{\Delta(xy)} \varphi(xy) dy, \\ 2 \pi \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} v |G(uv)|^2 du dv &= A^2 \int_{\Delta(xy)} \varphi(xy) dx;\end{aligned}$$

S étant la surface du diaphragme :

$$\xi = \frac{1}{S} \int_{\Delta(xy)} \varphi(xy) dy \quad \eta = \frac{1}{S} \int_{\Delta(xy)} \varphi(xy) dx.$$

Pour le même type de pupille les moments d'inertie sont :

$$M_y = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u^2 |G(uv)|^2 du dv = \frac{\Lambda^2}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \frac{\partial \varphi(xy)}{\partial x} \right|^2 dx dy,$$

$$M_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} v^2 |G(uv)|^2 du dv = \frac{\Lambda^2}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \frac{\partial \varphi(xy)}{\partial y} \right|^2 dx dy.$$

Dans les appareils d'optique usuels $F(x, y)$ présente toujours comme éléments de symétrie au moins un plan de symétrie. Si l'on choisit les axes des u et x dans ce plan le centre de gravité se trouve sur l'axe des u et il suffira d'effectuer les intégrations donnant M_y et ξ .

LUMINESCENCE. — *Accroissement de conductibilité interne des cristaux dans l'électrophotoluminescence.* Note ⁽¹⁾ de MM. **GEORGES DESTRIAU** et **JOSEPH MATTLER**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'accroissement de conductibilité des semi-conducteurs dans les champs électriques intenses est un fait bien connu. L'un de nous ⁽²⁾, dans la théorie de l'électrophotoluminescence, a montré que l'excitation de la luminescence par les champs électriques et cet accroissement de conductibilité étaient deux phénomènes connexes : ils se traduisent par un accroissement momentané du nombre des électrons libres présents dans la bande de conductibilité du réseau cristallin, d'où l'identité analytique des relations liant l'intensité de l'un ou de l'autre de ces deux phénomènes à l'intensité du champ exciteur. Suivant ces vues il semblerait que l'émission d'électrophotoluminescence doive corrélativement s'accompagner d'un accroissement notable de conductibilité du cristal luminescent. Ce point nous a paru digne d'être contrôlé.

Divers auteurs ont étudié la conductibilité des microcristaux en tassant la poudre cristalline entre deux électrodes métalliques. Le courant de conduction mesuré par la perte de charge d'un électromètre peut alors être dû, pour une large part, à la conductibilité superficielle des grains, elle-même très affectée par les moindres traces d'humidité; par ailleurs ce montage se prête mal à l'application des champs intenses. Quand il s'agit enfin de microcristaux impurs, tels que ceux des substances phosphorescentes, il est difficile de parler de conductibilité propre, celle-ci pouvant être très variable d'un point à l'autre du microcristal.

L'électrophotoluminescence fournit au contraire un moyen de suivre directement les variations de conductibilité du cristal précisément au voisinage des centres luminogènes. Le champ agissant intérieur est, du fait de la conductibilité, différent du champ extérieur appliqué. Dans l'excitation par champs

⁽¹⁾ Séance du 16 avril 1945.

⁽²⁾ G. DESTRIAU, *Trans. Farad. Soc.*, 35, 1939, p. 227.

alternatifs l'un de nous a déjà montré ⁽³⁾ que le champ agissant intérieur se trouvait décalé en avant sur le champ extérieur appliqué d'un angle de phase φ tel que

$$\text{tang } \varphi = \frac{4\pi}{K\rho\omega}$$

(K pouvoir inducteur spécifique, ρ résistivité, ω pulsation du champ).

Tout accroissement de conductibilité doit donc se traduire par un accroissement de φ .

Tout revient à suivre les déformations des ondes de brillance en fonction du champ maximum lorsque la cellule électrophotoluminescente est excitée par un champ alternatif. Pour cette étude nous avons utilisé le photomètre Jobin, dit *nitomètre* dont l'objectif était illuminé synchroniquement par la cellule placée sous un disque tournant percé de deux fentes et entraîné par un moteur synchrone à deux paires de pôles. Le photomètre et la cellule sont fixes. Pour obtenir point par point l'onde de brillance il suffit de faire tourner d'angles connus le stator du moteur. Les ondes de brillance se montrent différentes suivant les substances. Pour certaines d'entre elles le maximum de brillance se trouve au voisinage du maximum de l'onde de tension; pour d'autres au contraire il se présente au voisinage des époques où la tension s'annule; ceci ne saurait surprendre, car la vitesse de variation du champ semble agir elle-même fortement sur l'intensité de l'émission; or c'est précisément aux époques où le champ s'annule que sa vitesse de variation est la plus élevée. On conçoit ainsi qu'entre ces deux facteurs, intensité du champ et vitesse de variation, il y ait une juste compensation qui, suivant les substances, amène le maximum de brillance au voisinage de l'une ou de l'autre époque. Les ondes de brillance ont d'ailleurs une forme compliquée; quelques-unes présentent un deuxième maximum secondaire, pour certaines ce maximum secondaire est à peine accusé, mais toutes présentent au moins un redressement net tantôt sur la branche décroissante, tantôt sur la branche croissante. [Nos observations ont particulièrement porté sur un sulfure de zinc et sur des mélanges d'oxyde de zinc et de sulfure de zinc de haute sensibilité ⁽⁴⁾.]

En faisant l'excitation d'une même cellule en champs alternatifs d'intensités maxima croissantes, les ondes de brillance conservent une forme identique mais, et c'est là le point le plus important, les maxima se décalent de plus en plus en avant sur l'onde de tension; cet accroissement de φ traduit une diminution de ρ , d'où un accroissement de la conductibilité dans les champs de plus en plus élevés.

L'accroissement de φ est de l'ordre de 1/20 de période quand le champ maximum passe de 150 000 à 330 000 volts/cm.

⁽³⁾ G. DESTRIAU, *Journ. de Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 462.

⁽⁴⁾ G. DESTRIAU et J. SADDY, *Journ. de Phys.*, 6, 1945, p. 12.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur une nouvelle forme de la relation permettant d'obtenir la masse d'une particule par choc élastique.* Note de M. SERGE GORODETZKY, présentée par M. Maurice de Broglie.

On a établi la relation ⁽¹⁾

$$(1a) \quad \frac{1}{\beta_2} = \frac{1}{2p_2 p_c} (p_1^2 - p_2^2 - p_c^2),$$

qui exprime la conservation de l'énergie, et aussi la relation

$$(2a) \quad \frac{1}{\beta_2} = \frac{p_3}{p_c} \cos \theta + \frac{p_0}{p_2},$$

qui se déduit de (1a) si l'on tient compte de la conservation de la quantité de mouvement.

Appelons M_1 , M_2 la masse relativiste de la particule incidente avant et après le choc, m la masse relativiste de l'électron heurté après le choc, m_0 sa masse au repos. On a

$$p_1^2 - p_2^2 = (M_1 c)^2 - (M_2 c)^2, \quad \frac{p_2^2}{\beta_2} = M_2 c.$$

En remplaçant dans (1a) on obtient

$$(1b) \quad [M_1 c - (M_2 c + p_c)][M_1 c + (M_2 c + p_c)] = 0.$$

Le premier membre de (1b) est le produit de 2 facteurs. Le second facteur est certainement positif non nul. Aussi doit-on avoir

$$(1c) \quad M_1 c - (M_2 c + p_c) = 0,$$

qui exprime la conservation de l'énergie ($p_c = mc - m_0 c$).

Inversement de (1c) on peut remonter à (1a). Il n'est pas sans intérêt d'établir de la même manière l'expression de $1/\beta_1$ analogue à l'expression de $1/\beta_2$.

Écrivons (1c) sous la forme

$$(1c \text{ bis}) \quad M_2 c - (M_1 c - p_c) = 0.$$

Multiplions par $[M_2 c + (M_1 c - p_c)]$. On a

$$(M_2 c)^2 - (M_1 c - p_c)^2 = 0,$$

d'où

$$(1a \text{ bis}) \quad \frac{1}{\beta_1} = \frac{1}{2p_1 p_c} (p_1^2 - p_2^2 + p_c^2)$$

formule analogue à (1a), où $(p_2/\beta_2) = M_2 c$ est remplacé par $(-p_1/\beta_1) = -M_1 c$;

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 330.

où $p_1^2 - p_2^2 = (M_1 c)^2 - (M_2 c)^2$ est remplacé par $p_2^2 - p_1^2$. Ce qui est naturel puisque l'on passe de (1c) à (1c bis) en changeant M_1 en $-M_2$ et M_2 en $-M_1$.

Remontons alors à la relation (1)

$$(1) \quad \mu^2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 \left\{ \left[\frac{1}{2 p_2 p_c} (p_1^2 - p_2^2 - p_c^2) \right]^2 - 1 \right\}.$$

On obtient la relation analogue

$$(1 \text{ bis}) \quad \mu^2 = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2 \left\{ \left[\frac{1}{2 p_1 p_c} (p_1^2 - p_2^2 + p_c^2) \right]^2 - 1 \right\}.$$

Transformons de la même manière la relation (2a) qui ne contient plus p_1 , mais où l'on a introduit l'angle θ (qui est l'angle $\widehat{2,3}$ des vitesses : particule incidente après choc (2) et électron heurté (3)).

Il est naturel d'introduire maintenant l'angle χ (qui est l'angle $\widehat{1,3}$ des vitesses : particule incidente avant choc (1) et électron heurté (3)). On a la relation de conservation de quantité de mouvement

$$p_1^2 - p_2^2 = -p_3^2 + 2 p_1 p_3 \cos \chi.$$

En remplaçant dans (1a bis), on obtient (2)

$$(2a \text{ bis}) \quad \frac{1}{\beta_1} = \frac{p_3}{p_c} \cos \chi - \frac{p_0}{p_1}.$$

D'où, pour la relation générale du choc élastique,

$$(2 \text{ bis}) \quad \mu^2 = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^2 \left\{ \left(\frac{p_3}{p_c} \cos \chi - \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1 \right\}$$

analogue à

$$(2) \quad \mu^2 = \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^2 \left\{ \left(\frac{p_3}{p_c} \cos \theta + \frac{p_0}{p_2} \right)^2 - 1 \right\}.$$

La comparaison des deux relations (2) et (2 bis) se fera utilement en particulier dans l'approximation où p_0/p_1 et $p_0/p_2 \ll 1$. On a alors sensiblement

$$p_1 \sim p_2, \quad \cos \theta \sim \cos \chi.$$

(2) Remarquons que la relation $1/\beta_1 = (p_3/p_c) \cos \chi - (p_0/p_1)$, tout comme la relation $1/\beta_2 = (p_3/p_c) \cos \theta + (p_0/p_1)$ permet une estimation de la masse d'une particule incidente grâce à l'étude des électrons secondaires (rayons δ ou *barbes*) heurtés par la particule. Pour de tels électrons on connaît en effet p_3 et $\cos \chi$, d'où la vitesse β_1 de la particule incidente. Si par exemple on connaît de plus le moment p_1 de la particule incidente, on en tire la masse. Ainsi, pour un même moment (même rayon de courbure), un mésoton, moins rapide qu'un électron, donnera des *barbes* moins longues qu'un électron.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherche, par voie dilatométrique, du polymorphisme des anhydrides molybdique et tungstique.* Note ⁽¹⁾ de M. MARC FOËX, présentée par M. Paul Lebeau.

J. S. Dunn ⁽²⁾, en étudiant l'oxydation du tungstène métallique, régie par la diffusion de l'oxygène à travers la couche d'oxyde formé sur sa surface, constate, entre 850 et 900° C., une variation anormale de la vitesse de ce phénomène. Le caractère polymorphique de l'anhydride tungstique est ainsi mis en évidence.

Je me suis proposé d'étudier, par voie dilatométrique, les transformations de l'anhydride tungstique, ainsi que celles, non encore connues, de l'anhydride molybdique. Ce dernier oxyde est purifié par sublimation. L'anhydride tungstique est préparé à partir d'une solution de tungstate d'ammonium, en précipitant, à l'ébullition, l'hydrate jaune $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ par l'acide chlorhydrique.

On agglomère les oxydes par compression (3000 kg-cm²) et frittage à 750° (MoO_3) ou 1200° (WO_3). Puis les produits ainsi obtenus sont découpés perpendiculairement à la direction de compression, sous forme de baguettes de 30 à 40 mm de longueur et de 3×3 mm de section.

Les allongements sont mesurés par visée microscopique avec un appareil déjà décrit ⁽³⁾, en utilisant une série d'éprouvettes de 150 mm de longueur totale.

On a représenté sur la figure les valeurs des allongements $(l_t - l_0) 10^5 / l_0$ en fonction de la température t (° C.), l_0 et l_t étant les longueurs de l'échantillon à 0° et à la température t considérée. La vitesse d'échauffement ou de refroidissement utilisée est de 200° heure (WO_3) ou de 150° heure (MoO_3).

L'anhydride tungstique présente, à température ascendante, une contraction (715°), suivie d'une zone d'allongements importants. Au refroidissement le processus inverse a lieu avec un léger retard, l'augmentation de longueur se situant à 705°. Ce phénomène est accompagné d'un effet thermique.

Un autre changement brusque de longueur des échantillons d'anhydride tungstique se produit vers 880° aussi bien à température montante (expansion) que descendante (contraction). Cette anomalie, accompagnée comme la précédente d'un effet thermique, correspond à celle observée par Dunn ⁽²⁾.

En dehors des phénomènes précédents, on doit noter un changement brusque de direction des courbes de dilatation de l'anhydride tungstique vers 335°.

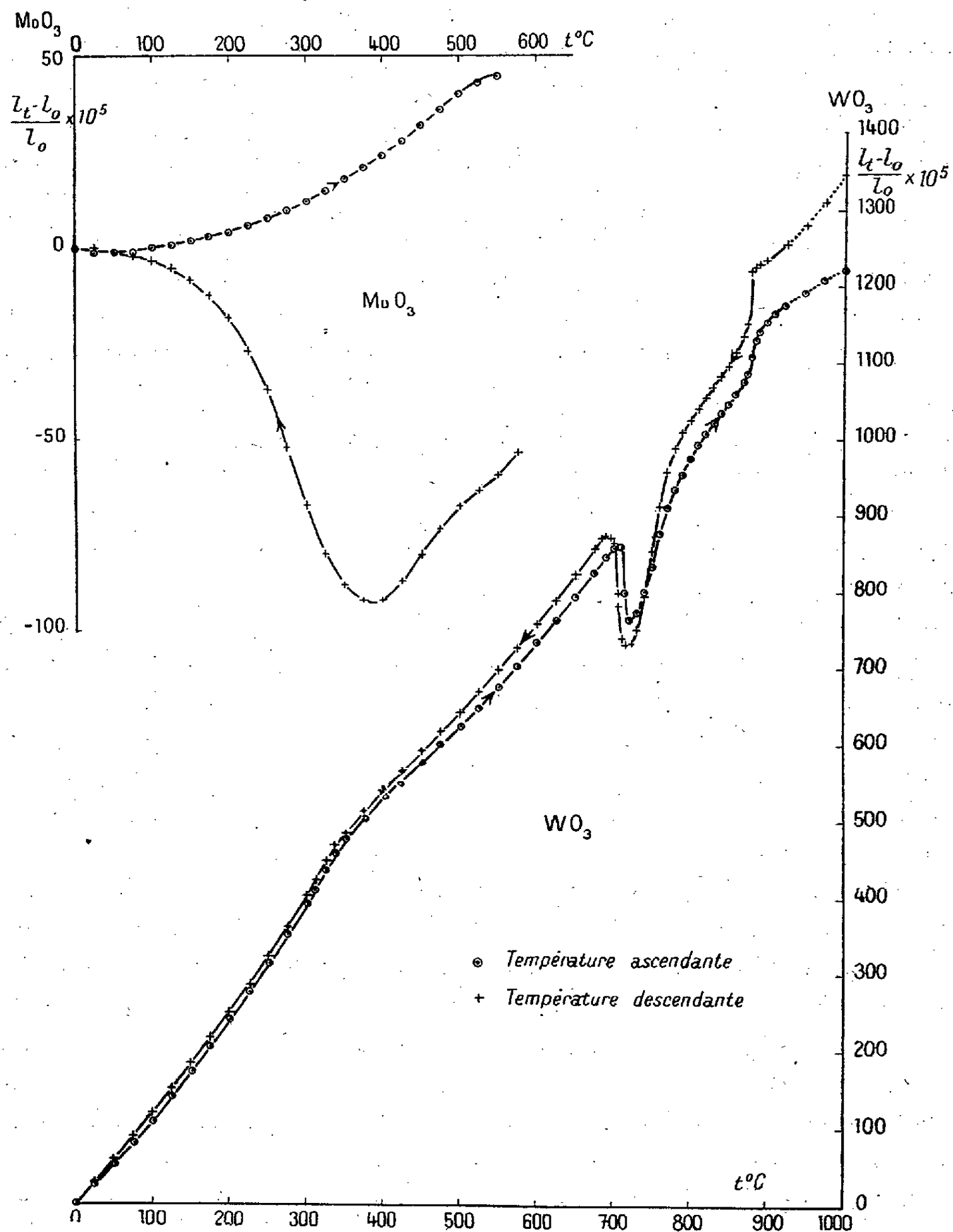
L'anhydride molybdique ne donne pas d'anomalie à l'échauffement jusque vers 550°, température à partir de laquelle il s'affaisse sous charge. Au refroi-

⁽¹⁾ Séance du juin 1945.

⁽²⁾ *J. Chem. Soc.*, 1929, p. 1149.

⁽³⁾ F. TROMBE et M. FOËX, *Annales de Chimie*, 19, 1944, p. 417.

dissement on constate, après une zone de contractions relativement importantes, un allongement, se produisant entre 375° et 50° avec maximum de vitesse à 275° environ. Il est permis de supposer qu'une anomalie équivalente et



de sens inverse a lieu à température ascendante, au-dessus de 550°, coïncidant vraisemblablement avec le ramollissement de l'anhydride molybdique.

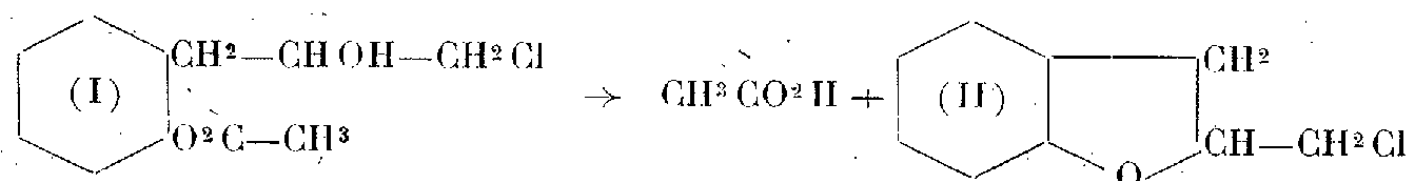
L'anomalie observée pour l'anhydride tungstique un peu au-dessus de 700° et celle présentée au refroidissement par l'anhydride molybdique ont même allure générale. Mais, dans le deuxième cas, le phénomène présente une inertie

beaucoup plus grande et s'étale sur un intervalle de température considérable. Cette anomalie apparaît beaucoup moins nettement lorsqu'on utilise des baguettes découpées parallèlement à la direction de compression, par suite de l'orientation différente des cristaux.

Il semble donc, d'après l'étude dilatométrique précédente, que les anhydrides molybdique et tungstique soient des substances polymorphes, comme la plupart des oxydes acides (Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , P_2O_5 etc.).

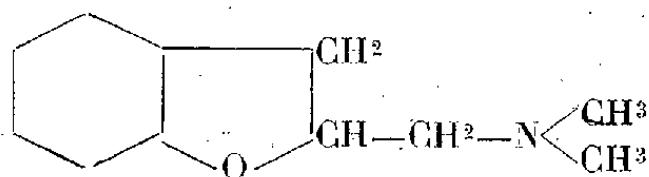
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation de l'hydroxyméthyl-2-coumaranne et de ses dérivés.* Note (1) de MM. **RAYMOND PAUL** et **HENRI NORMANT**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lorsqu'on traite l'acétate de l'*o*-allylphénol par la chlorurée selon la technique de Detœuf (2), on obtient une huile ambrée bouillant vers 167°-168° sous 9^{mm} en se décomposant partiellement. Étant données les conclusions de Fourneau et de Tiffeneau (3) sur le sens de l'addition de l'acide hypochloreux aux dérivés aromatiques à chaîne allylique, on peut admettre que le produit précédent est l'ester acétique du [*chloro-3'.hydroxy-2'.propyl*]-2 phénol [form. (I)]; nous n'avons pu cependant l'obtenir à l'état de pureté, car il tend à se décomposer selon le schéma



En traitant en effet la chlorhydrine brute par une solution alcoolique bouillante d'acide chlorhydrique, on obtient de l'acétate d'éthyle et du *chlorométhyl-2-coumaranne* [form. (II)] bouillant à 114° sous 8^{mm}.

La même chlorhydrine, chauffée à 135°-140° avec un excès d'une solution benzénique de diméthylamine à 25 %, donne avec un rendement de 50 % le *diméthylaminométhyl-2-coumaranne*



caractérisé par ses constantes ($E_{10,5}^{10}$ 123°; D_{10}^{10} 1,036; N_D^{10} 1,530) et par sa transformation en chlorhydrate fondant à 191°-192° (proj.) (4).

L'un de nous a montré autrefois que, sous l'action des hydroxydes alcalins,

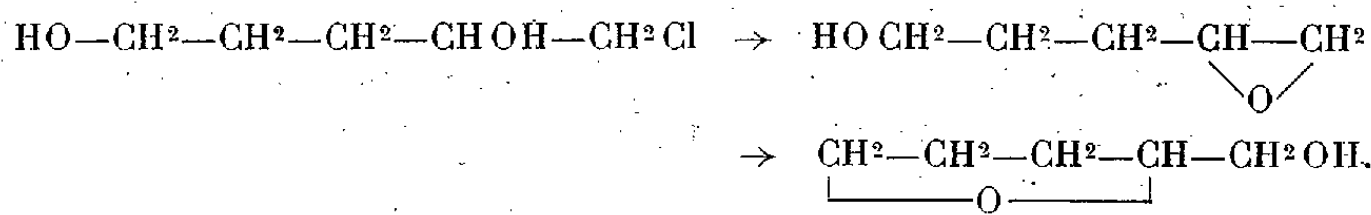
(1) Séance du 7 mai 1945.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, 31, 1922, pp. 102 et 169.

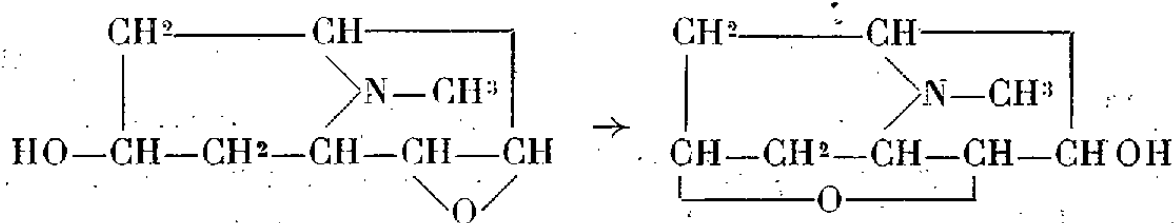
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 4^e série, 1, 1907, p. 1227.

(4) **MADERNI**, *Thèse*, Paris, 1934, p. 20.

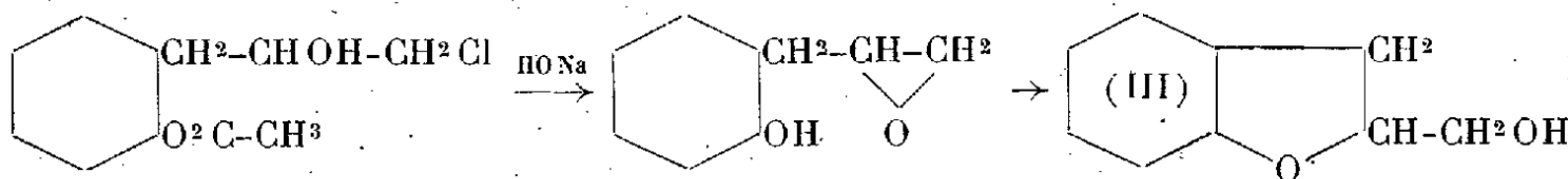
le chloro-1-pentanediol-2.5 conduisait à l'alcool tétrahydrofurfurylique (⁵). Cette réaction, apparemment normale, s'explique fort bien si l'on admet la formation transitoire d'un époxyde-1.2, susceptible de s'additionner à l'hydroxyde alcoolique situé en γ



Nous nous sommes demandé si cette transposition, dont nous trouvons d'ailleurs un autre exemple très net dans l'isomérisation du *scopanol* en *scopoline*



se produirait également lors de la réaction des hydroxydes alcalins sur l'acétate de l'*o*-(chloro-3'.hydroxy-2'.propyl)-phénol



L'expérience nous a montré qu'il en était bien ainsi : la chlorhydrine (I), traitée par la quantité théorique d'une solution de soude à 20 % à froid d'abord, puis à 100°, donne avec un rendement de 50 % (compté sur l'acétate d'*o*-allylphénol) l'*hydroxyméthyl-2-coumaranne* [form. (III)] bouillant à 139°,5 sous 10^{mm},5 (D₁₆⁸ 1,183; N_D⁸ 1,5638). Il se forme aussi un peu de chlorométhyl-2-coumaranne (Rdt 10 %) et des traces de méthyl-2-benzofuranne (Rdt 2 %), lequel provient vraisemblablement de l'action de la soude sur le précédent composé.

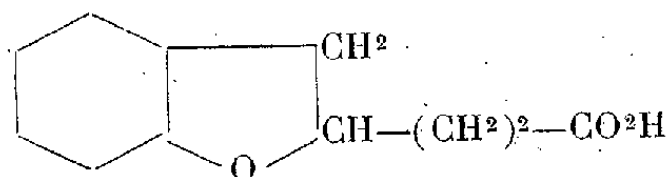
Pour montrer qu'il s'agit bien de l'hydroxyméthyl-2-coumaranne, et non de son isomère l'hydroxy-3-chromane, dont la formation ne pouvait être exclue *a priori*, on en a préparé la phényluréthane (F 71°-72°) et l'ester benzoïque (F 63°) (*). En le soumettant également à l'action du tribromure de phosphore en présence de pyridine, on a obtenu (Rdt 70 %) le *bromométhyl-2-coumaranne* bouillant à 128°-129° sous 8-9^{mm} et cristallisant en lamelles brillantes (éther de pétrole) fondant à 29°-30°.

Ce bromure chauffé à 140° avec trois fois la quantité théorique de diéthylamine, donne avec un rendement de 70 %, le *diéthylaminométhyl-2-coumaranne*

(⁵) PAUL, *Ann. de Chim.*, 10^e série, 18, 1932, p. 386.

(E_{10} 140°-141°; D_{11}^s 1,011; N_D^s 1,5219) dont l'oxalate acide fond bien à 122°-123°⁽⁶⁾ et le picrate à 125°.

Enfin, par condensation de ce même bromure avec le malonate d'éthyle sodé, et après décarboxylation du diacide résultant, on a obtenu, avec un rendement de 55 %, un acide fusible à 66° qui s'est révélé identique à l'acide coumaranyl-propionique



déjà préparé par l'un de nous⁽⁷⁾.

Il a déjà été publié⁽⁸⁾ une synthèse de l'hydroxyméthyl-2-coumaranne à partir de l'*o*-allylphénol : la technique employée, qui passait par l'intermédiaire du bromométhyl-2-coumaranne nous paraît moins rapide et moins avantageuse que celle que nous venons de décrire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Conditions tectoniques du tracé de la Basse-Seine*⁽¹⁾. Note⁽²⁾ de MM. A. CHOLLEY et AB. FIRMIN, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le tracé de la Basse-Seine obéit, abstraction faite des méandres, à des conditions tectoniques que révèle la carte (*fig. 1*). On y reconnaît une série d'accidents, dômes, cuvettes ou gouttières, failles ou flexures, affectant la large zone synclinale comprise entre l'anticlinal du Bray (surface cénomaniennne à 150^m) et celui du Merlerault (plus de 300^m).

Dômes SE-NW de la Haye-du-Theil (+160^m) et de Nointet-Alliquerville (+88^m). Gouttières synclinales SE-NW de Gisors (+18^m) et de la Risle (+7^m); gouttières WE de Notre-Dame-de-Gravenchon-Vieux-Port. Les failles réalisent un vrai champ de fractures selon deux directions SE-NW (faille de Vernon-Rouen (140^m de rejet), failles d'Yvetot (40 à 50^m), faille de Dieppe-Neufchatel; failles WE de Fécamp-Ouainville, de Villequier (100^m) prolongées vraisemblablement, vers l'W, par les accidents masqués de l'estuaire, faille ou flexure de Saint-Georges-du-Vieuvre, vallée de l'Andelle. Ces failles délimitent une série de blocs inégalement basculés : bloc Fécamp-Dieppe, incliné vers le N-NE; bloc du Havre, basculé vers l'E (point le plus bas à Gruchet-la-Valasse, 25^m); bloc de Pont-Audemer, limité au S par la faille de Saint-Georges du Vièvre et s'inclinant vers le N-NE; bloc du pays de Caux, basculé vers l'E et haché de failles secondaires (fossé d'Yvetot).

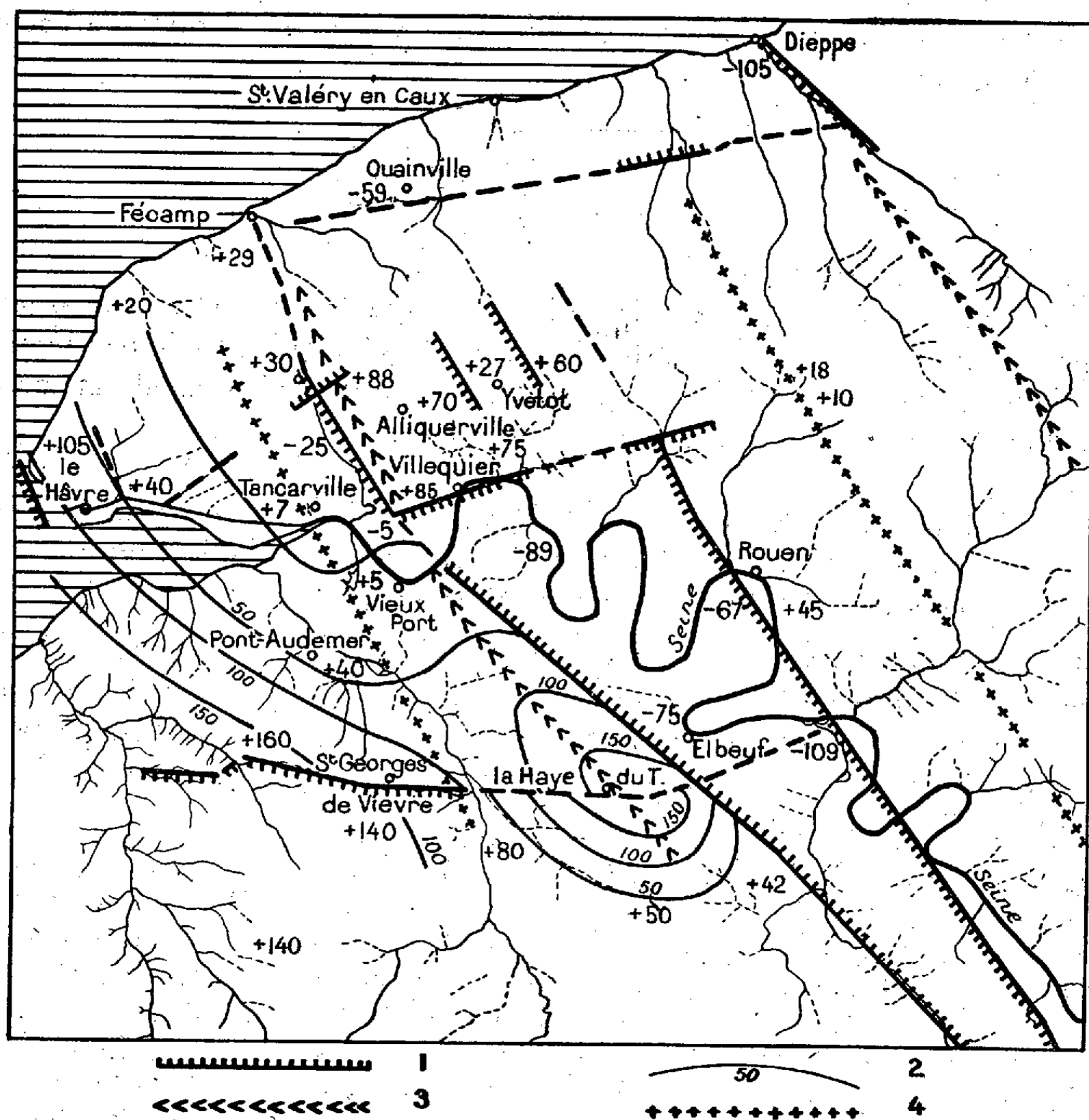
⁽⁶⁾ NORMANT, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 683.

⁽⁷⁾ NORMANT, *Thèse*, Paris, 1942, p. 95 (où il a été imprimé par erreur F 56°).

⁽¹⁾ Plusieurs auteurs (Harlé, Dollfus, Lennier) ont déjà envisagé des conditions tectoniques pour expliquer le tracé de la Basse-Seine. Pour préciser ces conditions nous avons établi la carte du sommet de la craie cénomaniennne en utilisant les sondages publiés par Lemoine et Humphrey ou obligeamment communiqués par M. Fortin. Elle complète la carte précédemment établie par R. Furon (*Bull. Soc. Géol. de France*, 1935).

⁽²⁾ Séance du 4 juin 1945.

Mais l'accident le plus expressif est bien le fossé de la Seine, délimité par les failles de Vernon-Rouen, du Rouennais et de Villequier, dépression de 150^m environ dont le fond s'incline du SE au NW, puis vers le N-NE. Le tracé de la



Échelle approximative : 1/900 000^e.

Seine est, dans l'ensemble, conforme au dispositif structural; à partir de Pont-de-l'Arche, il coïncide avec le fossé SE-NW, le fleuve appuyant à Rouen sur le bord E, puis s'infléchissant à l'aval progressivement vers l'W conformément à l'inclinaison du plancher même. Le tracé NNE-SSW à partir de Caudebec s'explique par un grand accident transversal jalonné par la faille de Villequier, la gouttière séparant les dômes de Nointet et de la Haye-du-Theil et enfin la partie basse du bloc basculé de Pont-Audemer et les accidents de l'estuaire.

La conformité n'est cependant pas absolue. Certains méandres, les Andelys, Rouen, Brotonne, débordent la faille qui limite le fossé, simple effet du dépla-

cement des rives concaves. Par contre le tracé entre Vernon et les Andelys, complètement à l'écart du fossé, est plus difficile à expliquer, d'autant que le fleuve paraît installé au sommet même d'une ondulation anticlinale.

Cette anomalie pourrait résulter d'une évolution morphologique où des phases tectoniques (voir plus loin) ont été séparées par des pauses, créant d'amples surfaces d'aplanissement recouvertes de dépôts épais. En dehors d'une surface infraéocène, on peut reconnaître ici, comme dans le bassin de l'Eure et les environs de Paris, les traces d'une surface inframiocène ayant nivelé les accidents antérieurs, en particulier les dislocations oligocènes (dômes et failles), que celles-ci soient ou non le rejeu d'accidents antérieurs. Cette surface est déformée, car l'altitude de ses dépôts varie dans des proportions assez fortes : 130^m en Caux, 140^m à Alliquerville et Saint-Nicolas-de-la-Haye sur le flanc de l'anticlinal du Rouennais, 99^m dans le compartiment effondré de la faille de Pavilly, 50^m dans la Forêt de Rouvray, en plein fossé.

La discordance des petites rivières installées dans les dépressions synclinales s'explique par un phénomène de surimposition à travers un matelas assez épais de dépôts tertiaires; celle de la Seine entre Vernon et les Andelys par l'apparition d'un dôme anticlinal SSW-NNE post-miocène, établi à l'emplacement même du fossé tectonique SE-NW, oligocène ou plus ancien même.

PARASITOLOGIE. — *Utilisation éventuelle du batracien Xenopus laevis dans la lutte contre les larves de moustiques; interactions diverses à prévoir.* Note de M. ÉMILE BRUMPT, présentée par M. Émile Roubaud.

Parmi les nombreuses méthodes de prophylaxie antipaludiques, toutes celles qui utilisent les ennemis naturels des Moustiques sont de beaucoup les plus économiques et les plus efficaces. Tout le monde connaît le rôle considérable joué dans de nombreuses régions du globe par les *Gambusia*, ces petits Poissons américains vivipares et si prolifiques. Même quand ces Poissons ne peuvent se multiplier par suite de l'abondance de leurs ennemis naturels, Tortues, Serpents, Poissons ou Oiseaux prédateurs, leur élevage est à conseiller, car ils peuvent être utilisés dans des cas déterminés, en particulier quand les larves de Moustiques se développent dans des citernes ou dans des puits peu profonds. En Corse, dans la Crau et la Camargue, où nous avons répandu un peu partout ces poissons depuis 1925, le nombre des Moustiques a beaucoup diminué et cependant, en Camargue, les *Gambusia* avaient à lutter contre le vorace Poisson-chat (*Amiurus nebulosus*) et la *Perche soleil*, originaires d'Amérique et très abondants partout. L'Homme aussi est, d'ailleurs, souvent l'ennemi des

(³) A. CHOLLEY et MATHIEU, *Comptes rendus*, 217, 1943, pp. 456-458.

(¹) A. CHOLLEY, *Ann. de Géogr.*, janvier-mars, avril-juin, juillet-septembre 1943.

Gambusia, qu'il tue accidentellement avec des plantes toxiques destinées à capturer de plus gros poissons, ou qu'il capture par des procédés divers pour les consommer. C'est ainsi que, d'après divers médecins coloniaux, le marché de Tananarive (Madagascar), est toujours pourvu de *Gambusia* à vendre. Cependant, comme ces derniers pullulent dans les rizières, il est probable que cette vente pourra être tolérée tant que son rôle néfaste dans la lutte antipaludique ne sera pas établi.

Notre attention a été attirée sur le rôle éventuel des *Xenopus* dans la lutte antipaludique par un article de R. Martin ⁽¹⁾ sur le paludisme autochtone à Addis-Abeba où, depuis quelques années, cette maladie a été observée et où cet auteur en a vu plusieurs cas. Il est vrai que, malgré l'altitude de cette ville, qui est d'environ 2500^m, le redoutable *Anopheles gambiae* s'y rencontre toute l'année dans les granges et les étables et, seulement au printemps et en automne, dans les habitations. Les larves de ces anophèles se développent dans diverses collections d'eau, en particulier dans les gîtes temporaires où ils n'ont pas d'ennemis naturels. Dans les collections d'eau importantes on ne trouve pas de larves, ce qui serait dû, d'après R. Martin, à l'abondance d'un Batracien, *Xenopus clivii* qui, expérimentalement, détruit les larves de Moustiques. C'est ainsi qu'un jeune exemplaire, pesant cinq grammes, a détruit 100 à 115 larves et nymphes en 24 heures.

Comme nous élevons actuellement à notre laboratoire quelques *Xenopus laevis* ⁽²⁾ dans le but d'étudier chez eux le cycle évolutif de divers trématodes de Batraciens indigènes, nous avons voulu confirmer les observations de R. Martin. Ayant mis dans un bocal 10 larves et 10 nymphes de *Stegomyia*, ainsi que 15 larves et 10 nymphes d'*Anopheles maculipennis*, avec un jeune exemplaire de *Xenopus* pesant 5^g, tous les insectes ont été dévorés sous nos yeux en moins de 1 heure, et, si nous avions pu lui en donner plusieurs centaines, nous sommes certain que tout aurait été détruit en quelques heures.

Cette expérience de laboratoire est intéressante, mais elle ne permet pas d'affirmer le rôle que pourrait jouer le *Xenopus laevis* dans la nature. En effet ces Batraciens africains, qui sont d'une grande voracité, peuvent être élevés au laboratoire soit avec des fragments de viande, soit avec diverses proies vivantes qu'ils mangent sous l'eau, où ils vivent comme les poissons. Ils s'attaquent en particulier à de gros têtards de Batraciens. Nous n'avons eu, en effet, aucune difficulté à leur faire manger des Têtards vivants d'alyte, renfermant diverses métacercaires et nous sommes certain qu'ils s'attaqueraient également aux jeunes exemplaires de *Gambusia*.

(1) *Arch. Inst. Past. Algérie*, 1942, pp. 10-14.

(2) Ces batraciens proviennent d'un élevage entrepris à Gagny (Seine-et-Oise) par M. Parisy, qui élève également d'autres batraciens exotiques.

On peut donc se demander si, en présence de nombreuses proies, les *Xenopus* s'attaqueraient aussi aux larves de Moustiques. La même question pouvait être posée en ce qui concerne le comportement des *Gambusia*, qui eux aussi s'attaquent à de nombreux animaux aquatiques et, trop souvent même, à leur progéniture, ou à celle d'autres Poissons et Batraciens. Nous savons cependant que les *Gambusia* ont rendu et rendent, partout où ils sont utilisés, les plus grands services dans la lutte antilarvaire.

L'acclimatement des *Xenopus*, s'il était possible dans les régions à paludisme situées entre le 40° de latitude Nord et le 40° de latitude Sud, ce qui est probable, présenterait-il plus d'avantages que d'inconvénients ? C'est la question que l'on doit se poser chaque fois qu'il s'agit d'acclimater un animal nouveau dans un pays. Il est évident que cette introduction crée toujours des interactions multiples, dont les exemples ne manquent pas, ainsi que le cas contraire, où certaines espèces animales d'un pays donné sont détruites. C'est ainsi par exemple qu'aux Indes anglaises, d'après S. Lala Sarkar, la chasse d'un gros Varan, dont la peau a été utilisée récemment en maroquinerie, a augmenté la fréquence du paludisme dans un certain point du Bengale où ce gros Lézard détruit les Couleuvres, qui, elles-mêmes, se nourrissent de petits Poissons larvivores. Ces derniers sont d'ailleurs détruits dans divers pays du globe par une quantité d'échassiers et de palmipèdes. Pourtant, parmi ces derniers, les Canards rendent de grands services en faisant disparaître, un grand nombre de larves de Moustiques.

Je crois finalement que l'acclimatement des *Xenopus* devrait être tenté en Corse et en Algérie, où ces animaux pourraient certainement se développer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Composition chimique de l'essence de Primula farinosa* L. Note ⁽¹⁾ de MM. ALBERT GORIS et HENRI CANAL, présentée par M. Maurice Javillier.

Primula farinosa L. est une petite plante, dont la taille varie de 3 à 30^{cm}, qui croît dans les pâturages, les tourbières des hautes montagnes du Jura, des Alpes et des Pyrénées centrales. C'est une plante vivace qui se perpétue par des bourgeons nés sur la tige souterraine.

Les rhizomes frais sont dépourvus d'odeur, mais, après broyage, apparaît une odeur aromatique agréable.

Extraction et composition de l'essence. — Les racines ayant été lavées, broyées et soumises à une macération aqueuse de 12 heures, l'essence est obtenue par entraînement à la vapeur d'eau. Les eaux distillées sont saturées de chlorure de sodium et épuisées par l'éther. Le rendement en essence est de 1,2 ‰.

(¹) Séance du 23 avril 1945.

L'essence se présente sous forme d'un liquide presque incolore, d'odeur rappelant vaguement celle du salicylate d'amyle.

Nous l'avons saponifiée par ébullition avec une solution de soude aqueuse à 15 %,

Par épuisement par l'éther de la solution alcaline, on sépare un corps liquide, incolore, faiblement odorant, plus dense que l'eau, mais assez soluble dans ce liquide. L'oxydation permanganique le transforme en aldéhyde benzoïque. Il a été identifié à l'alcool benzylique $C^6H^5-CH^2OH$, par son phényluréthane, soluble à chaud dans l'éther de pétrole et recristallisant à froid en aiguilles fondant à 75° . Le point de fusion du mélange de ce benzylphényluréthane avec le phényluréthane, obtenu avec de l'alcool benzylique, ne subit aucun changement.

Par extraction à l'éther, après acidification de la solution alcaline d'où a été retiré l'alcool benzylique, on retire un produit de nature acide, fondant de 120° à 142° , qui est un mélange d'acide benzoïque et d'acide salicylique. Avec le chlorure ferrique il donne une coloration violette et, par action de l'iode en milieu alcalin, de la tétraiododiphénylènequinone. En réalisant la microsublimation du mélange fondant entre 120° et 142° , on constate que vers 120° l'un des constituants se sublime et laisse l'autre sous forme d'aiguilles fondant nettement, comme l'acide salicylique, à $156-157^\circ$.

Pour séparer les constituants du mélange, l'acide salicylique a été isolé sous forme de dérivé 3.5 dibromé, peu soluble dans l'eau, fondant à 227° après recristallisation dans l'alcool dilué.

Les traces d'acide benzoïque ont été d'autre part caractérisées par formation de benzoate de méthyle et d'acide diaminobenzoïque ⁽²⁾.

Les proportions respectives de ces deux acides dans le mélange que l'on obtient après saponification de l'essence, semblent, d'après l'analyse, être de 93 % d'acide salicylique et de 7 % d'acide benzoïque.

Analyse. — Substance 4^{mg} , 215; CO^2 9^{mg} , 490; OH^2 1^{mg} , 895; Trouvé %, C 61,40; H 5,03. Calculé %, pour $C^6H^5-CO^2H$, C 68,85; H 4,91; calculé pour $C^6H^4-OH(CO^2H)$, 60,86; H 4,34.

En résumé, l'essence de *Primula farinosa* L., de composition très différente de celle des primevères déjà étudiées, est formée de petites quantités de benzoate de benzyle, mélangées à du salicylate de benzyle.

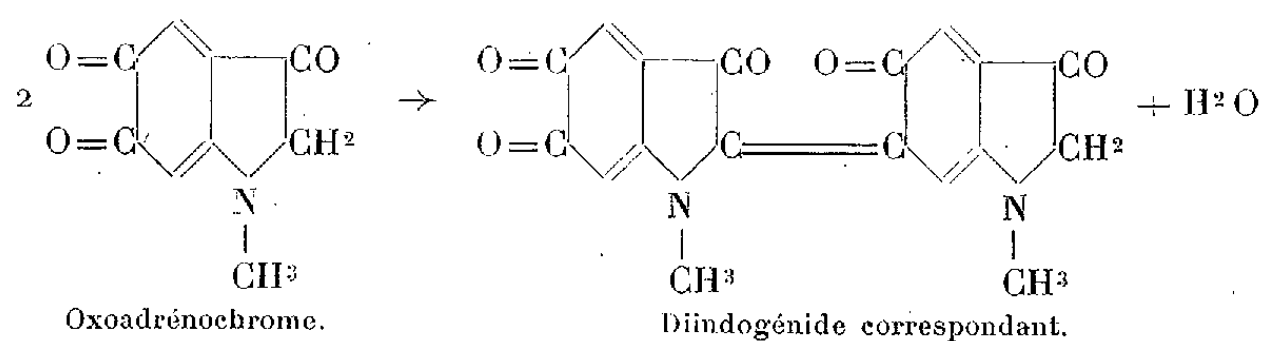
L'odeur de ces esters n'apparaît qu'après broyage des rhizomes et racines. Ils doivent donc provenir de l'hydrolyse de certains hétérosides. Mais, n'ayant eu à notre disposition, et avec la plus grande difficulté, que 640^g de rhizomes frais, dont nous avons extrait 0^g80 d'essence, nous n'avons pu entreprendre leur recherche et avons dû nous borner à l'examen de l'essence.

(²) MOHLER, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1890, p. 414.

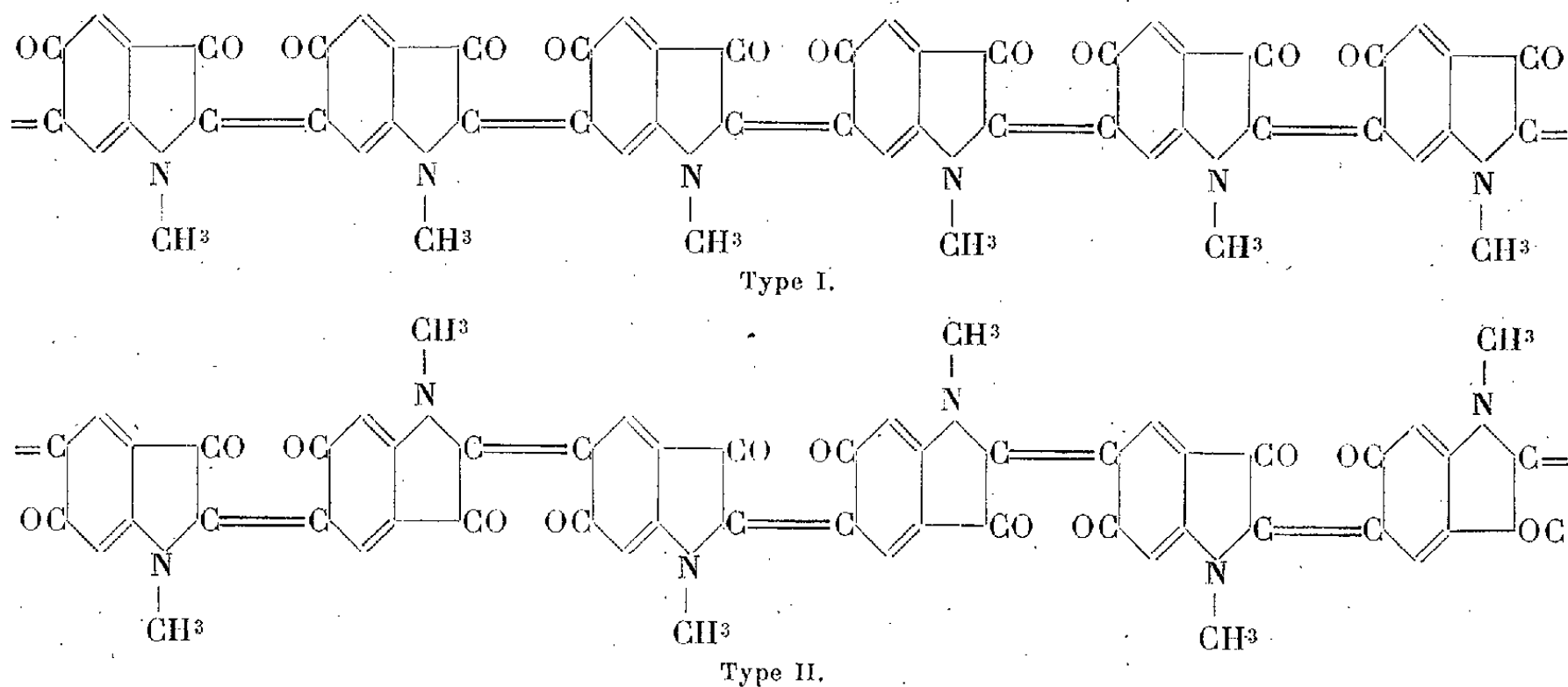
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le sort de l'oxoadrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline*. Note ⁽¹⁾ de M. **GEORGES-N. COHEN**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai caractérisé ⁽²⁾, comme premier produit de transformation de l'adrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline, la 5.6-quinone du N-méthylindoxyle, que j'ai appelée *oxoadrénochrome* pour plus de simplicité.

Ce corps peut, comme tous les dérivés de l'indoxyle, se condenser avec les aldéhydes aromatiques et les cétones pour donner les indogénides correspondants, grâce à la labilité des hydrogènes en α de la fonction carbonylée. J'ai pu, entre autres, mettre en évidence un composé de condensation entre l'oxoadrénochrome et le diacétyle, type même des α -dicétones. A plus forte raison l'oxoadrénochrome peut-il se condenser avec lui-même, selon la réaction



Les mélanines d'origine adrénalinique correspondraient alors à l'une des deux formules ci-dessous :



Le premier polyindogénide correspond à l'indigo et le second à l'indirubine.

Le type de liaison indigoïde est à rejeter, selon moi, vu la couleur bleue des

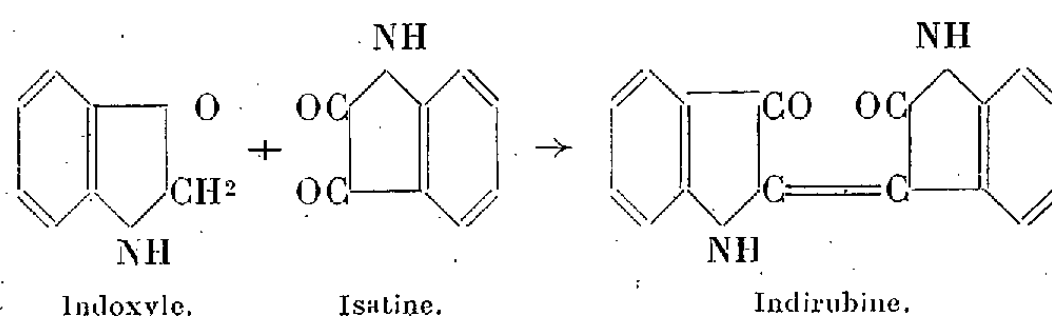
(¹) Séance du 11 juin 1945.

(²) G.-N. COHEN, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 796.

indigos d'une part, et le spectre de fluorescence du leuco-indigo, totalement différent de celui des mélanines adrénaliniques, d'autre part.

Je me rallie par contre à la structure de type indirubinique, vu la couleur rouge sang des composés intermédiaires entre l'adrénochrome et les mélanines et le spectre de fluorescence de la leucoindirubine, voisin de celui des mélanines réduites.

D'autre part, si l'on compare ces types de condensation à celle qui a lieu entre l'indoxyle et l'isatine, on voit que cette dernière se fait bien en anti et non en syn,



alors que la transformation de l'indoxyle en indigo procède d'une oxydation et non d'une condensation.

A 15^h 45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1945.

Précis de Mycologie, par MAURICE LANGERON, in *Collection de Précis médicaux*. Paris, Masson et C^{ie}, 1945; 1 vol. 20^{cm} (présenté par M. L. Blaringhem).

La maladie post-opératoire et le shock traumatique, par HENRI DUBOIS-FERRIÈRE. Genève, Imprimerie du « Journal de Genève », 1945; 1 vol. 24^{cm}.

Essai de définition d'une nouvelle doctrine biologique, par RENÉ SUEUR. Pau, Imprimerie commerciale, 1944; 1 vol. 24^{cm}, 5.

Wave-Theory ! Book V, by THOMAS J. J. SEE. London, Wheldon et Wesley, Ltd, et, Lynn, Mass., Nichols Press, 1940; 1 vol. polycopié 27^{cm}, 5.

Id. Book VI. In three Parts, by THOMAS J. J. SEE. London. Wheldon et Wesley, Ltd, et, Lynn, Mass., Nichols Press, 1941; 1 vol. polycopié 27^{cm}, 5.

Wave-Theory ! Discovery of the Cause of gravitation ! Book VII. Discoveries in the gravitational Theory of the Moon's motion, 1942, by THOMAS J. J. SEE. London, Wheldon et Wesley, Ltd, et, Lynn, Mass., Nichols Press, 1942; 1 vol. polycopié 27^{cm}, 5.

Wave-Theory ! Discovery of the Cause of gravitation ! Book VIII. A New and absolute proof of the Wave-Theory of gravitation, drawn chiefly from the nature of the Archimedean Number $\pi = 3,141.592.653.589.793... \infty$, by THOMAS J. J. SEE. London, Wheldon et Wesley, Ltd, et, Lynn, Mass., Nichols Press, 1943; 1 vol. polycopié 27^{cm}, 5.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1945.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 220.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

	Pages.		Pages.
ABSORPTION DES RADIATIONS. —		léniques à chaîne normale; par	
Influence de la température sur		M. Pierre Baudart.....	404
l'absorption ultraviolette des solu-		ACIDES ORGANIQUES. — Voir <i>Acides cin-</i>	
tions de bromure de potassium		<i>namiques, Esters (Éthers-Sels),</i>	
dans l'eau ordinaire et dans l'eau		<i>Organomagnésiens, Polarisation ro-</i>	
lourde; par M ^{lle} Jacqueline Doucet.	196	<i>tatoire magnétique, Transpositions</i>	
— Voir <i>Astronomie stellaire, Chimie ana-</i>		<i>moléculaires.</i>	
<i>lytique, Fluorescence, Spectroscopie.</i>		ACIERS. — Sur le chargement en hydro-	
ACÉTATES. — Acétates acides et acétates		gène par électrolyse ou par attaque	
hydratés de cadmium; par M. L. J.		à l'acide de l'acier extra-doux	
Olmer et M ^{lle} Marinette Gerbault...	604	recuit; par M. Paul Bastien.....	820
ACIDE NICOTINIQUE. — Voir <i>Médecine</i>		— Relation entre l'évolution en fonc-	
<i>expérimentale.</i>		tion du temps de la fragilité due à	
ACIDE PERIODIQUE. — Sur l'oxydation		l'hydrogène et à la perméabilité à	
de l'inositol par l'acide periodique;		ce gaz de l'acier extra-doux; par	
par MM. Paul Fleury, Gabriel Poi-		M. Paul Bastien.....	883
rot et M ^{me} Jean Fievet.....	664	— Sur l'influence de très petites quan-	
ACIDES ACYCLIQUES. — Voir <i>Amides.</i>		tités de soufre sur la qualité de	
ACIDES CINNAMIQUES. — Sur les deux		l'acier; par M. Louis Colombier....	886
acides isomères β -butyl-tert. cinna-		ADRÉNALINE. — Étapes intermédiaires	
miques; par M. Georges Tsatsas....	662	au cours de la transformation de	
ACIDES ÉTHERS. — Sur quelques acides		l'adrénaline en adrénochrome; par	
éthers alicycliques; par M. Max		M. Maurice Rangier.....	246
Mousseron.....	462	— Sur le premier produit de transforma-	
ACIDES ÉTHYLÉNIQUES. — Voir <i>Acides</i>		tion de l'adrénochrome au cours	
<i>gras.</i>		de la mélanisation de l'adrénaline;	
ACIDES GRAS. — Synthèse totale de		par M. Georges-N. Cohen.....	796
quelques acides gras monoéthy-		— Sur le sort de l'oxoadrénochrome au	

	Pages.		Pages.
cours de la mélanisation de l'adrénaline; par M. Georges-N. Cohen...	927	ALGÈRE. — Voir <i>Géologie</i> .	
ADRÉNOCHROME. — Voir <i>Adrénaline</i> .		ALGOLOGIE. — Sur un genre nouveau de Chlorophycées épiphyte d'eau douce (<i>Ectogerron Elodeæ</i> nov. gen., nov. sp.); par M. Pierre Dangeard...	181
AÉRODYNAMIQUE. — Sur une mécanique des fluides compressibles basée sur le remplacement du champ de vitesse par le champ de quantité de mouvement; par M. Robert Silber...	162	— Sur le métabolisme du glycérol chez les Rhodophycées; par M. Jean Feldmann et Mme Geneviève Feldmann...	469
— Sur le coefficient de résistance d'un cylindre circulaire d'envergure infinie dans un écoulement turbulent rapide; par M. Louis Viaud...	167	ALLIAGES. — Voir <i>Métallographie</i> .	
— Aile d'avion, munie d'un volet hypersustentateur à paroi mobile; par M. Alexandre Favre...	386	ALLIAGES MAGNÉSIUM-MÉTAUX RARES. — Préparation électrolytique et dissociation thermique d'alliages magnésium - cadmium - praséodyme, magnésium - cadmium - samarium et magnésium - cadmium - yttrium; par M. Félix Trombe et Mlle Francoise Mahn...	778
— Une nouvelle soufflerie aérodynamique; diffuseur à paroi mobile; par M. Alexandre Favre...	434	ALUMINIUM. — Sur l'oxydation de l'aluminium; par M. Nicolas Cabrera...	111
— Sur l'étude, par expérimentation analogique, de grilles rectilignes de profils quelconques; par MM. Lucien Malavard et Raymond Siestrunk...	810	— Voir <i>Électricité, Métallographie</i> .	
— Voir <i>Élasticité</i> .		AMIDE NICOTINIQUE. — Voir <i>Médecine expérimentale</i> .	
AGRONOMIE. — Sur la remise en état des terres inondées par l'eau de mer; par M. Georges Deloffre...	255	AMIDES. — Activité optique d'amides dérivés du méthyl-3 amino-1 cyclohexane et d'acides acycliques; par MM. Max Mousseron et Robert Granger...	529
AIMANTATION. — Voir <i>Ferromagnétisme</i> .		— Id. et d'acides cycliques; par MM. Max Mousseron et Robert Granger...	607
ALANINE. — Voir <i>Chimie biologique</i> .		AMINES. — Influence de la position (α ou β) sur les propriétés des groupements fonctionnels dans le noyau thiophénique. Passage des oximes aux amines; par M. Pierre Chabrier et Mlle Bianca Tchoubar...	780
ALCALOÏDES. — La corynanthidine, quatrième alcaloïde cristallisé isolé des écorces de <i>Pseudocinchona africana</i> Aug. Chev.; par MM. Maurice-Marie Janot et Robert Goutarel...	617	— Voir <i>Amides</i> .	
— Les effets physiologiques de la spartéine sont-ils modifiés par sa transformation en base ammonium quaternaire; par M. Jean Delourme-Houdé...	749	AMMONIUM. — Voir <i>Alcaloïdes</i> .	
— Voir <i>Adrénaline, Pharmacodynamie, Pharmacologie</i> .		ANALYSE FACTORIELLE. — Vérification de l'efficacité d'une méthode d'analyse factorielle; par M. Pierre Delaporte...	212
ALCOOL ÉTHYLIQUE. — Voir <i>Électrochimie</i> .		— Une expérience de contrôle des méthodes d'analyse factorielle; par Mlle Dagmar Weinberg...	214
ALCOOL MÉTHYLIQUE. — Voir <i>Électrochimie</i> .		ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Nouvelle démonstration d'un théorème de M. Ostrowski; par Mlle Jacqueline Ferrand...	550
ALCOYLATION. — Voir <i>Cyclohexène et dérivés</i> .		— Extension d'une inégalité de M. Ahlfors; par Mlle Jacqueline Ferrand...	873
ALDÉHYDES. — Voir <i>Formol, Hydrogénation, Nickel de Raney</i> .		— Sur le calcul numérique de certains opérateurs linéaires; par M. Paul Germain...	765
ALÈS (GARD). — Voir <i>Géologie</i> .		— Voir <i>Calcul symbolique, Ensembles (Théorie des), Fonctions harmoniques, Intégrales définies, Probabilités, Représentation conforme, Séries</i> .	
ALGÈBRE. — Sur l'équivalence de trois propositions de la théorie analytique des polynômes, par M. Germain Ancochea...	579		
— Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués: différente et discriminant; théorie intrinsèque de la ramification; par M. Marc Krasner...	761		
— Voir <i>Groupes (Théorie des)</i> .			

TABLE DES MATIÈRES.

931

Pages.	Pages.
ANATOMIE COMPARÉE. — Répartition par échelons des poids encéphaliques relatifs chez les Vertébrés; par M. Louis Lapique.....	131
ANATOMIE VÉGÉTALE. — Sur les racines aériennes de <i>Phalienopsis Schilleriana</i> Rehb; par Mme Roger Heim..	365
ANHYDRIDE MOLYBDIQUE. — Voir <i>Chimie physique</i> .	
ANHYDRIDE TUNGSTIQUE. — Voir <i>Chimie physique</i> .	
ANIONS. — Voir <i>Cytophysiologie végétale</i> .	
ANTHRACÈNE. — Voir <i>Carbures cycliques et dérivés</i> .	
ANTIATLAS. — Voir <i>Géologie, Minéralogie</i> .	
ARGILES. — Voir <i>Pédologie</i> .	
ARITHMÉTIQUE. — Voir <i>Nombres (Théorie des)</i> .	
ARSENIC. — Voir <i>Carbures d'hydrogène et dérivés</i> .	
ARYLATION. — Voir <i>Esters (Éthers-sels)</i> .	
ASPERGILLACÉES. — Influence de l'acide salifiant l'ammoniaque sur les qualités nutritives ou toxiques des sels ammoniacaux vis-à-vis de deux Aspergillacées; par M. Jean Régnier, Mlle Suzanne Lambin et M. Maurice Dubost.....	465
ASPERGILLUS NIGER. — Voir <i>Sterigmatozystis nigra</i> .	
ASTRONOMIE. — Voir <i>Heure</i> .	
ASTRONOMIE PHYSIQUE. — Sur une propriété des mouvements de certains astres du système solaire; par M. Fernand Prunier.....	515
— Sur les variations saisonnières observées à la surface de la planète Mars en 1939 et leurs lois de propagation; par M. Gérard de Vaucouleurs.....	388
— Détermination de la pression atmosphérique sur la planète Mars par photométrie visuelle; par M. Gérard de Vaucouleurs.....	903
— Sur une application d'une formule de statistique classique à la théorie des naines blanches; par M. Évery Schatzman.....	493
— Sur la température des naines blanches; par M. Évery Schatzman ..	516
— Les raies interdites du fer doublement et simplement ionisé dans le spectre de la nébuleuse d'Orion; par MM. Tcheng Mao-Lin et Jean Dufay.....	583
— Sur le spectre de la nébuleuse d'Orion par MM. Tcheng Mao-Lin et Jean Dufay.....	682
— Voir <i>Novæ, Soleil</i> .	
ASTRONOMIE STELLAIRE. — Sur la détermination de l'apex au moyen des mouvements propres; par M. Henri Mineur.....	80
— Sur les mouvements propres des étoiles et la rotation de la galaxie; par M. Ernest Esclangon.....	125
— Sur les étoiles doubles de la Carte du Ciel; par M. Paul Couderc.....	192
— Le zéro de la relation période-luminosité et la constante d'absorption dans l'espace interstellaire; par M. Henri Mineur.....	445
— Répartition des masses dans un amas globulaire d'étoiles; par M. Victor Maître.....	444
— Sur la découverte de 3 200 étoiles doubles; par M. Robert Jonckheere.	680
— Voir <i>Astronomie physique, Novæ</i> .	
ASTROPHYSIQUE. — Voir <i>Astronomie physique</i> .	
ATLAS. — Voir <i>Géologie</i> .	
ATTRACTION LUNI-SOLAIRE. — Voir <i>Géophysique</i> .	
AVEYRON. — Voir <i>Pétrographie</i> .	
AVIATION. — Voir <i>Aérodynamique, Physique atmosphérique</i> .	
AVITAMINOSE. — Voir <i>Neurophysiologie</i> .	
AZOTE. — Voir <i>Spectroscopie</i> .	
AZOTITES. — Voir <i>Esters (Éthers-sels)</i> .	

B

BACTÉRIOLOGIE. — Trois cas d'endosymbiose bactérienne chez des Ciliés Astomes commensaux de l'Oligochète <i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller); par M. Raymond Hovasse.....	713
— Voir <i>Chimie biologique, Médecine expérimentale, Microbiologie, Microcalorimétrie microbienne</i> .	
BALSAMINACÉES. — Voir <i>Embryogénie végétale</i> .	
BAOBAB. — Voir <i>Biologie végétale</i> .	
BASSIN ROUILLE. — Voir <i>Pétrographie</i> .	
BATRACIENS. — Voir <i>Parasitologie</i> .	

	Pages.		Pages.
BENZÈNE. — Voir <i>Organomagnésiens</i> .		BIRÉFRINGENCE. — Voir <i>Optique</i> .	
BENZOPHÉNARSAZINES. — Dérivés nouveaux des benzophénarsazines; par MM. <i>Buu-Hoï, Hiong-Ki-Wei</i> et <i>René Royer</i>	50	BOIS. — Voir <i>Lignine</i> .	
— Sur des dérivés de la benzophénarsazine linéaire; par MM. <i>Buu-Hoï, Hiong-Ki-Wei</i> et <i>René Royer</i>	361	BOMBYX MORI. — Voir <i>Vers à soie</i> .	
BIOLOGIE. — Voir <i>Ichtyologie</i> .		BOTANIQUE. — Voir <i>Biologie agricole, Chimie végétale, Conifères, Embryogénie végétale, Pathologie végétale, Pollen atmosphérique</i> .	
BIOLOGIE AGRICOLE. — Sur une forme nouvelle d'Orge à deux rangs; par <i>M. Charles Clémencet</i>	59	BOTANIQUE APPLIQUÉE. — Voir <i>Botanique coloniale</i> .	
— Remarques au sujet de la Note de <i>M. Clémencet</i> ; par <i>M. Louis Blaringhem</i>	61	BOTANIQUE COLONIALE. — Le Kapouier soudanais (<i>Bombax angulicarpum</i>) et les espèces voisines; par <i>M. Auguste Chevalier</i>	509
— Les effets de la tétraploïdie chez le Sorgho sucrier; par <i>Mlle Aline Dusseau</i>	96	— Sur la culture au Soudan français du Karité ou Arbre à beurre (<i>Butyrospermum Parkii</i>) et de l'Arbre à Kapok ou Boumou (<i>Bombax angulicarpa</i>); par <i>M. Auguste Chevalier</i> ...	415
BIOLOGIE ANIMALE. — Voir <i>Chimie biologique</i> .		— Le genre <i>Nienokuea</i> Chev. L'association symbiotique entre une Cypéracée et une Orchidée, spéciale aux tourbières de rochers de l'Ouest africain; par <i>M. Auguste Chevalier</i> ..	633
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Voir <i>Gastéropodes, Hémiptères, Vers à soie</i> .		BOURGEOIS. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .	
BIOLOGIE VÉGÉTALE. — Épanouissement et pollinisation de la fleur du Baobab; par <i>M. Paul Jaeger</i>	369	BROMURE. — Voir <i>Absorption des radiations</i> .	
— Voir <i>Algologie, Inflorescence</i> .			
BIOMÉTRIE. — Voir <i>Analyse factorielle</i> .			

C

CADMIUM. — Voir <i>Acétates, Alliages magnésium-métaux rares, Salicylates</i> .		CARBONATE DE SODIUM. — Voir <i>Esters (Éthers-sels)</i> .	
CALCUL DES PROBABILITÉS. — Voir <i>Probabilités</i> .		CARBONATES ORTHORHOMBIQUES. — Voir <i>Effet Raman et chimie</i> .	
CALCUL MENTAL. — Le Calculateur mental Maurice Dagbert; par MM. <i>Gaston Fayet, Jean Chazy</i> et <i>Joseph Pères</i>	577	CARBURES AROMATIQUES. — Voir <i>Carbures cycliques et dérivés</i> .	
CALCUL SYMBOLIQUE. — Sur les propriétés de deux équations intégrales; par <i>M. Maurice Parodi</i>	76	CARBURES CYCLIQUES ET DÉRIVÉS. — L'union labile de l'oxygène au carbone. Influence des cyclisations supplémentaires sur les arylanthracènes: photooxydation du phénylcœroxène; par MM. <i>Charles Dufraisse</i> et <i>Jean Baguet</i>	47
— Équations intégrales de Fredholm et calcul symbolique; par <i>M. Maurice Parodi</i>	870	— Id. Étude de la photooxydation du diméthylamino-1 diphényl-9,10 anthracène; par <i>M. André Allais</i> ..	202
CANCER. — Voir <i>Benzophénarsazines</i> .		— Amino-alcools à noyau naphthalénique. Influence du noyau sur la structure spatiale des substituants dans la chaîne latérale; par <i>M. Raymond Calas</i>	49
CANTAL. — Voir <i>Micropaléontologie</i> .		— Sur la préparation du phénylcœroxène; par MM. <i>Charles Dufraisse</i> et <i>Jean Baget</i>	148
CAOUTCHOUC. — Sur les coefficients d'adhérence du caoutchouc; par MM. <i>Jean Le Bras</i> et <i>Pierre Thirion</i> ...	812	— Sur l'addition du cyclohexène à	
— Voir <i>Rayons X</i> .			
CAPILLARITÉ. — Formule traduisant la diminution de tension superficielle de certaines solutions en fonction du temps; par <i>M. Augustin Bourtat</i> et <i>Mlle Paulette Berthier</i>	730		

TABLE DES MATIÈRES.

933

	Pages.		Pages.
quelques hydrocarbures aromatiques polycycliques; par MM. <i>Bui-Hoï</i> et <i>Paul Cagniant</i>	326	sence d'eau; par M. <i>Joseph Wiemann</i>	606
— La constitution du pseudorubrène; par MM. <i>Charles Dufraisse</i> et <i>Gaston Amiard</i>	695	— Voir <i>Hydrogénation, Nickel de Raney, Spectroscopie</i> .	
— Voir <i>Chimie théorique</i> .		CHALEUR. — Mesure du facteur de forme dans les fours à induction sans noyau magnétique; par MM. <i>Gustave Ribaud</i> et <i>Maurice Leblanc</i>	736
CARBURES D'HYDROGÈNE CANCÉRIGÈNES. — Voir <i>Benzophénarsazines</i> .		— Voir <i>Dilatations, Électricité, Physiologie végétale</i> .	
CARBURES D'HYDROGÈNE ET DÉRIVÉS. — Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène; par MM. <i>Bui-Hoï</i> et <i>Hiong-Ki-Wei</i>	175	CHALEUR (PROPAGATION DE LA). — Application pratique de la loi de la convection naturelle; pourquoi l'expérience semblait vérifier la loi approchée classique; par M. <i>Pierre Vernotte</i>	354
— L'électrométrie et la représentation ionique. Application aux liaisons éthylénique et acétylénique et au noyau aromatique; par M. <i>Henri Triché</i>	527	— Les phénomènes de convection dont sont le siège les thermomètres à mercure; par M. <i>Pierre Vernotte</i>	447
— Voir <i>Acides-éthers, Acides gras, Chimie organique, Esters (Éthers-sels), Hydrogénation, Méthane, Organomagnésiens</i> .		CHAMPIGNONS. — Sur un Hyphomycète nouveau de la famille des Stilbaccées, <i>Sphaerocybe concentrica</i> n. g., n. sp.; par M. <i>Joseph Magrou</i>	220
CAROTTE. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .		— Voir <i>Microbiologie</i> .	
CARTOGRAPHIE. — M. <i>Maurice Lugeon</i> fait hommage de la feuille Diablerets, n° 19 de l'Atlas géologique de la Suisse, et de la Notice explicative.....	900	CHIMIE AGRICOLE. — Nouvelles observations, par l'analyse périodique de la feuille, sur l'absorption de la potasse chez quelques plantes pérennes; par MM. <i>Louis Maume</i> et <i>Jacques Dulac</i>	257
CATALYSE. — Voir <i>Spectroscopie</i> .		CHIMIE ANALYTIQUE. — Sur l'analyse élémentaire des corps organiques par la mesure des coefficients d'absorption des rayons X; par MM. <i>Jean Devaux</i> et <i>André Guinier</i>	44
CATARACTE. — Voir <i>Ophthalmologie</i> .		— Méthode de dosage de l'iode dans les substances organiques; par M. <i>Alain Horeau</i>	89
CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES. — Voir <i>Électronique, Photométrie</i> .		— Microdosages volumétriques par la méthode électrodifférentielle; par M ^{me} <i>Raymonde Duval</i> et M. <i>Clément Duval</i>	115
CELLULOSE. — Contribution à l'hydrolyse des celluloses du bois; par M. <i>François Abadie</i>	409	— Essai de dosage du vanadium dans les aciers par voie spectrophotométrique; par M. <i>Jean Gillod</i>	400
CÉRAMIQUE. — Conditions de l'agglomération céramique; par M. <i>René Lecuir</i>	318	— Sur le microradiodosage de l'argent; par M ^{me} <i>Pascaline Daudel</i>	658
CÉRÉALES. — Voir <i>Printanisation</i> .		— Sur la détermination des formules des corps par radiomicrodosage; par M ^{lle} <i>Monique Martin</i> et M. <i>Raymond Daudel</i>	659
CÉRIUM. — Préparation du cérium exempt de fer; par M ^{lle} <i>Charlotte Henry La Blanchetais</i>	313	— Voir <i>Luminescence</i> .	
— Propriétés magnétiques du cérium sans fer; par M ^{lle} <i>Charlotte Henry La Blanchetais</i>	392	CHIMIE APPLIQUÉE. — Voir <i>Lignine, Polymérisation</i> .	
CÉRUSITE. — Voir <i>Effet Raman et chimie</i> .		CHIMIE BIOLOGIQUE. — Présence générale du rubidium chez les animaux; par MM. <i>Gabriel Bertrand</i> et <i>Didier Bertrand</i>	25
CERVEAU. — Voir <i>Anatomie comparée</i> .		— La sulfure-oxydase des Vertébrés	
CÉTONES. — Préparation de deux séries de dérivés hydroxyméthyléniques de cétones aromatiques du type $C^6H^5.CH^2.CO.CH^3$; par M. <i>Maurice Roch</i>	322		
— Synthèse et cyclisation de l'artémisiacétone; par MM. <i>Jean Colonge</i> et <i>Pierre Dumont</i>	500		
— Obtention de cétoles dans la réduction d'un mélange d'une cétone et d'un ester par le sodium en pré-			

	Pages.		Pages.
supérieurs; par M. Meg. der Garabedian.....	373	<i>Esters (Éthers-sels), Fluorescence, Hétérocycles, Hydanthoïnes, Hydrogénation, Indole, Nickel de Raney, Nitriles, Organomagnésiens, Salicylates, Transpositions moléculaires.</i>	
— Insolubilité des euglobulines dans l'eau et délipidation du sérum; par MM. Jean Roche et Yves Derrien.....	572	CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — Rôle d'un fluoresceyanine-ferment dans la respiration cellulaire des Vertébrés inférieurs; par MM. René-Guy Busnel, André Pelou et Michel Polonovski.....	185
— Sur la formation directe d'urée à partir de l'édestine et sur l'état des groupements guanidiques de l'arginine dans les protéines; par MM. Jean Roche et Marcel Mourgue....	834	CHIMIE PHYSIQUE. — Recherche, par voie dilatométrique, du polymorphisme des anhydrides molybdique et tungstique; par M. Marc Foëx.....	917
— Sur la synthèse enzymatique des pyrophosphates minéraux <i>in vitro</i> ; par MM. Jean Roche, Nguyen-van Thoai et M ^{lle} Éliane Danzas.....	895	— Voir <i>Absorption des radiations, Aciers, Cérium, Chimie analytique, Conductibilité électrique, Electrochimie, Émulsions, Formol, Radioanalyse, Rhénium.</i>	
— Sur l'action des hypobromites alcalins sur le glycogène; par MM. Christian Dumazert et René Senequier....	574	CHIMIE THÉORIQUE. — Sur la détermination du nombre des structures électromères possédant une même liaison ineffective; par M. Raymond Daudel et M ^{me} Alberte Pullman.....	599
— Étude de la croissance de certaines Bactéries sur les antipodes optiques de l'alanine; par M. Jacques Nicolle.....	862	— Sur le calcul de la répartition du nuage électronique dans les molécules aromatiques; par M. Raymond Daudel et M ^{me} Alberte Pullman.....	888
— Voir <i>Adrénaline, Chimie végétale, Glycocolle, Holosides, Lait, Scorbut, Vitamines.</i>		CHIMIE VÉGÉTALE. — Composition chimique de l'essence de racines du <i>Primula viscosa</i> Vill; par MM. Albert Goris et Henri Canal.....	790
CHIMIE BIOLOGIQUE APPLIQUÉE. — Sur le mécanisme de la fabrication du papier de paille par macération; par MM. Gabriel Bertrand et Jean Delga.....	805	— Id. de l'essence de <i>Primula farinosa</i> L.; par MM. Albert Goris et Henri Canal.....	925
CHIMIE GÉNÉRALE. — Voir <i>Nickel.</i>		— Voir <i>Alcaloïdes, Cellulose, Pharmacologie.</i>	
CHIMIE MÉDICALE. — Voir <i>Carbures d'hydrogène et dérivés.</i>		CHLOROBROMURES. — Voir <i>Effet Raman et chimie.</i>	
CHIMIE MINÉRALE. — Sur le graphite spectrographiquement pur; par MM. Félix-Trombe, Marc Foëx et Jacques Bardet.....	691	CHLORURE. — Voir <i>Pharmacodynamie.</i>	
— Étude de la précipitation d'hydroxydes, d'hydrates, d'oxydes et de sels basiques; par M. Alain Berton.....	693	CHLORURE DE SODIUM. — Voir <i>Corrosion</i>	
— Voir <i>Alliages magnésium-métaux rares, Corrosion, Hydroxyde de zinc, Méthane, Nickel, Nitrates minéraux, pH, Phosphates métalliques, Sulfates ferriques, Terres rares.</i>		CHLORURES MÉTALLIQUES. — Voir <i>Electrochimie.</i>	
CHIMIE ORGANIQUE. — Sur une nouvelle méthode de préparation de l'hydroxyméthyl-2-coumaranine et de ses dérivés; par MM. Raymond Paul et Henri Normant.....	919	CHOLINE ET DÉRIVÉS. — Voir <i>Cristallographie.</i>	
— Voir <i>Acétates, Acide périodique, Acides cinnamiques, Acides-éthers, Acides gras, Adrénaline, Amides, Amines, Benzophénarsazines, Carbures cycliques et dérivés, Carbures d'hydrogène et dérivés, Cétones, Chimie analytique, Complexes chimiques, Cyclohexène et dérivés,</i>		CHROMATOGRAPHIE. — Voir <i>Vitamines.</i>	
		CHROMOSOMES. — Voir <i>Cytologie végétale.</i>	
		CHRONAXIE. — Voir <i>Neurophysiologie</i>	
		CHRYSOATOMATACÉES. — Voir <i>Micropaléontologie.</i>	
		CILIÉS. — Voir <i>Bactériologie.</i>	
		CINÉMATIQUE. — Voir <i>Relaxation (Oscillations de).</i>	
		COBALT. — Voir <i>Pharmacodynamie.</i>	

TABLE DES MATIÈRES.

935

Pages.	Pages.
COLCHICINE. — Voir <i>Cytologie expérimentale, Génétique.</i>	CRÉATINURIE. — Voir <i>Physiologie.</i>
COLLOÏDES. — Variation de la vivacité de combustion des poudres colloïdales en fonction de la température; par MM. <i>Henri Muraour</i> et <i>Gabriel Aunis</i>	CRÉTACÉ. — Voir <i>Géologie.</i>
198	CRISTALLOGRAPHIE. — Chambre de diffraction de rayons X pour la détermination des textures cristallines; par M. <i>André Guinier</i>
COLORANTS. — Voir <i>Indole.</i>	94
COMBUSTIBLES. — M. <i>Paul Lebeau</i> fait hommage d'un Ouvrage de M. <i>Henri Guérin</i> : Le problème de la réactivité des combustibles solides.....	— Sur le dimorphisme des bromures des esters de la choline; par M ^{lle} <i>Cécile Stora</i>
189	248
COMBUSTION. — Voir <i>Colloïdes.</i>	— Caractères cristallographiques du glucose diéthylmercaptopal, de l'éthylthiogluco-side, des bromure et iodure de triméthylammonium du (I)-tétracétylglucose et de l' α .d-glucose-7-phosphate; par M ^{me} <i>Yvonne Khourine</i> et M ^{lle} <i>Cécile Stora</i>
COMPLEXES CHIMIQUES. — Sur quelques complexes antimoniphenoliques; par MM. <i>Yves Volmar</i> et <i>Georges Gœttelmann</i>	328
282	— Voir <i>Effet Raman et chimie, Silice.</i>
CONDUCTIBILITÉ DE L'AIR. — Voir <i>Électricité atmosphérique.</i>	CROISSANCE. — Voir <i>Gastéropodes, Hémiptères.</i>
CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE. — Étude de la conductibilité électrique des oxydes rares: cas des oxydes de lanthane, praséodyme, néodyme et samarium; par M. <i>Marc Foëx</i> ...	CRYPTOGAMIE. — Nouvelles recherches sur les divisions nucléaires dans la baside et les spores des Agaricales; par M. <i>Robert Kühner</i>
359	618
CONFIGURATIONS HARMONIQUES. — Voir <i>Géométrie.</i>	— Voir <i>Champignons.</i>
CONIFÈRES. — Catalogue des espèces cultivées dans l'Arboretum des Barres, travail exécuté, sous la direction de <i>René Rol</i> , par <i>Jean Pourtet</i> et <i>Philippe Duchaufour</i> , Préface de M. <i>Guinier</i> (imp.).....	CUIVRE. — Voir <i>Corrosion, Salicylates, Vitamines.</i>
269	CYCLANONES. — Voir <i>Spectroscopie.</i>
CONVECTION. — Voir <i>Chaleur (Propagation de la).</i>	CYCLISATION. — Voir <i>Carbures cycliques et dérivés, Cétones.</i>
CORPUSCULE DE DIRAC. — Voir <i>Physique théorique.</i>	CYCLOHEXANE ET DÉRIVÉS. — Voir <i>Amides.</i>
CORPUSCULES LIMITES (THÉORIE DES). — Voir <i>Mécanique ondulatoire.</i>	CYCLOHEXÈNE ET DÉRIVÉS. — Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de fluorure de bore; par MM. <i>Henri Lefebvre</i> et <i>Émile Levas</i>
CORROSION: — Corrosion du cuivre par les solutions de chlorure de sodium; par MM. <i>René Dubrisay</i> et <i>Georges Chessé</i>	782
707	— Alcoylation directe des phénols et des éthers-oxydes phénoliques par le cyclohexène en présence de fluorure de bore; par MM. <i>Henri Lefebvre</i> et <i>Émile Levas</i>
— Voir <i>Minéralogie.</i>	826
COUCHES MÉTALLIQUES MINCES. — Données numériques sur les propriétés optiques des miroirs aluminés; par M. <i>Louis Dunoyer</i>	— Voir <i>Carbures cycliques et dérivés.</i>
686	CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Action simultanée du phényluréthane et de la colchicine sur les méristèmes radiculaires d' <i>Allium Cepa</i> L.; par M. <i>Guy Deysson</i>
— Sur la densité optique des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation et l'épaisseur de la couche protectrice d'alumine; par M. <i>Louis Dunoyer</i>	367
816	CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur le comportement des hétérochromosomes à la méiose, chez les mâles tétraploïdes de <i>Melandrium album</i> ; par M. <i>Georges Rizet</i>
— Voir <i>Électricité, Physique moléculaire.</i>	222
COURANT DE SATURATION. — Voir <i>Électrotechnique.</i>	— Cytologie des zoospores de <i>Plasmodium viticola</i> Berl. et de Toni; par M. <i>Marcel Bosc</i>
COURANTS ALTERNATIFS. — Voir <i>Électrotechnique.</i>	407
COURANTS POLYPHASÉS. — Voir <i>Réseaux polyphasés.</i>	— Caractères cytologiques remarquables d'une Spirogyre; par M. <i>Marius Chadefaud</i>
	463
	— Voir <i>Cytophysiologie végétale.</i>

	Pages.		Pages.
CYTOPHYSIOLOGIE. — Sur les conditions d'utilisation de divers sucres (glucose, galactose et lévulose) dans la respiration cellulaire; par M. <i>Philippe Joyet-Layergne</i>	893	tration de diverses substances basiques dans la cellule végétale; par M ^{lle} <i>Suzanne Bazin</i>	183
— Voir <i>Aspergillacées</i> .		— Les cellules végétales fixées par le formol conservent certaines propriétés physiologiques; par M. <i>Marc Meitès</i>	698
CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Influence des anions sur la péné-			

D

DÉPOLARISATION. — Voir <i>Optique</i> .		DISPERSION DE LA LUMIÈRE. — Voir <i>Optique</i> .	
DÉTERMINISME EN PHYSIQUE. — Une nouvelle preuve du caractère essentiel de l'indéterminisme quantique; par M ^{me} <i>Paulette Destouches-Février</i>	553	DISPERSION ROTATOIRE. — Remarques sur les dispersions rotatoires naturelle et magnétique du limonène; par M. <i>Roger Servant</i>	279
— Sur l'impossibilité d'un retour au déterminisme en microphysique; par M ^{me} <i>Paulette Destouches-Février</i>	587	DISSOCIATION. — Voir <i>Hautes températures</i> .	
DIATOMÉES. — Voir <i>Micropaléontologie</i> .		DISTORSION. — Voir <i>Optique</i> .	
DIFFRACTION. — Voir <i>Cristallographie, Optique</i> .		DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE. — Le Service Américain d'Information adresse une collection de papiers dactylographiés et imprimés, exposant les travaux scientifiques faits en Amérique pendant ces dernières années.....	547
DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — Voir <i>Physicochimie</i> .		DOSAGE. — Voir <i>Chimie analytique</i> .	
DILATATIONS. — Nouvelle méthode pour l'étude de la dilatation des corps aux températures élevées. Dilatation du tungstène et du molybdène; par M. <i>Jean Demarquay</i>	81	DOSAGE PHOTOCALORIMÉTRIQUE. — Voir <i>Luminescence</i> .	
DIRAC (THÉORIE DE). — Voir <i>Physique théorique</i> .		DYNAMIQUE DES FLUIDES. — Sur la pulvérisation des liquides visqueux; par M. <i>Guy Littaye</i>	429

E

EAU DE MER. — Voir <i>Agronomie</i> .		— Contribution à l'étude des chlorobromures du titane tétravalent. Spectre Raman du chlorure, du bromure et des chlorobromures du titane tétravalent; par M ^{lle} <i>Marie-Louise Delvaulle</i> et M. <i>Félix François</i>	173
EAU LOURDE. — Voir <i>Absorption des radiations</i> .		— Spectre Raman des oxychlorobromures de phosphore; par M ^{lle} <i>Marie-Louise Delvaulle</i> et M. <i>Félix François</i>	817
EFFET RAMAN ET CHIMIE. — Spectres de vibration des carbonates orthorhombiques naturels: Étude expérimentale de la cérusite; par M ^{lle} <i>Lucienne Couture</i>	87	EFFET ZEEMAN. — Sur l'effet Zeeman des raies interdites de l'hélium. Rôle des champs électriques interatomiques; par MM. <i>Jean Bro-</i>	
— Étude expérimentale du nitre; par M ^{lle} <i>Lucienne Couture</i>	656		
— Facteurs de dépolariation des raies Raman correspondant aux vibrations totalsymétriques des ions CO ₃ ²⁻ et NO ₃ ⁻ ; par MM. <i>Pierre Bacchus</i> et <i>Alfred Kastler</i>	398		

TABLE DES MATIÈRES.

937

	Pages.		Pages.
<i>chard, Pierre Jacquinot et Philippe Pluvinage</i>	311	ÉLECTROMÈTRES. — Voir <i>Mesures élec-</i>	
ÉLASTICITÉ. — Sur la détermination de		triques.	
l'axe élastique d'une aile d'avion;		ÉLECTRONIQUE. — Sur une anomalie	
par M. Robert Mazet.....	643	présentée par les gaz soumis à l'ac-	
— Problème linéaire de l'élasticité dans		tion de diverses causes ionisantes;	
le cas où les forces sont connues à		par MM. Georges Reboul et Gérard	
la frontière; par M. Jacques Ri-		Vassails.....	157
vaud.....	645	— Sur la formation des petits ions, des	
— Voir <i>Mécanique physique, Métallogra-</i>		gros ions et des centres neutres;	
<i>phie, Résistance des matériaux.</i>		par M. Georges Reboul.....	267
ÉLECTRICITÉ. — Résistance électrique de		— Sur la mesure des mobilités des por-	
couches minces d'aluminium dépo-		teurs de charge dans les semi-con-	
sées sur verre par évaporation ther-		ducteurs réels; par MM. Georges	
mique; par M. Louis Dunoyer.....	907	Reboul et Jean-Louis Eck.....	868
— Voir <i>Électrotechnique, Luminescence,</i>		— Processus d'excitation des gaz rares	
<i>Mesures électriques.</i>		par les courants entretenus de	
ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — Sur		haute fréquence; par MM. Pierre	
un montage électrométrique pour		Lejay et Louis Herman.....	231
la mesure du champ électrique ter-		— Amplificateur à courant continu pour	
restre par une méthode de zéro; par		cellule à faible résistance d'isole-	
M. Robert Lecolazet.....	531	ment, ou à courant d'obscurité	
— Sur la correction de fuite, dans les		généant; par M. Jean Dubois.....	768
mesures de conductibilité de l'air;		— Voir <i>Chimie théorique, Photométrie...</i>	
par M. Jean Lacaze.....	533	ÉLECTROSTATIQUE. — Voir <i>Étincelles;</i>	
ÉLECTROCHIMIE. — Sur l'électrolyse de		<i>Amorçage.</i>	
quelques chlorures métalliques,		ÉLECTROTECHNIQUE. — Sur la propor-	
dans les alcools méthylique et		tion d'appels perdus dans certains	
éthylque; par MM. Claude Char-		systèmes de téléphonie automa-	
metant et René Paris.....	314	tique ne permettant dans un groupe	
— Sur la signification physique de la		d'organes qu'une seule exploration	
constante P dans l'équation élec-		simultanée; par MM. Robert Leroy	
trochimique de Nernst; par M.		et Émile Vaout.....	84
Moïse Hatssinsky.....	356	— Remarques sur les équations de pro-	
— Remarques sur le mécanisme du po-		pagation sur une ligne quelconque;	
lissage électrolytique et sur ses		par M. François Raymond.....	497
irrégularités dans le cas où existe		— Propagation sur une ligne polyphasée	
une couche anodique visqueuse;		symétrique quelconque; par MM.	
par M. François Bertein.....	684	Maurice Parodi et François Ray-	
ÉLECTROCINÉTIQUE. — Irrégularités per-		mond.....	522
manentes des courants supposés		— Action de courants alternatifs de	
continus; par M. Édouard Selzer...	169	fréquences élevées sur les semi-	
ÉLECTROLYSE. — Voir <i>Aciers, Electro-</i>		conducteurs liquides; par MM. Jean	
<i>chimie.</i>		et Georges Granier.....	555
ÉLECTROMAGNÉTISME. — Sur la varia-		— Sur un procédé nouveau de mesure	
tion de la vitesse apparente des		de l'intensité du courant de satu-	
ondes courtes; par M. Nicolas		ration d'une cathode à oxydes;	
Stoyko.....	139	par M. Robert Champeix.....	736
— Cavités électromagnétiques oscil-		— Voir <i>Mesures électriques, Réseaux</i>	
lantes semi-transparentes; par		<i>polyphasés.</i>	
M. Théo Kahan.....	496	EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — Embryo-	
— Sur un système de bobines produi-		génie des Ombellifères. Dévelop-	
sant un champ magnétique uni-		pement de l'embryon chez l' <i>Apium</i>	
forme pour une chambre de		<i>inundatum</i> Reichb; par M. René	
Wilson étroite; par M. Eugène		Souèges.....	128
Nageotte.....	557	— Id. des Balsaminacées. Développe-	
ÉLECTROMÉRIE. — Voir <i>Carbures d'hy-</i>		pement de l'embryon chez l' <i>Impa-</i>	
drogène et dérivés, <i>Chimie théo-</i>		<i>tiens Balfourii</i> Hook; par M. René	
<i>rique.</i>		Souèges.....	837
		— Id. des Polémoniacées; Développe-	
		ment de l'embryon chez le <i>Polemo-</i>	

	Pages.		Pages.
<i>nium pauciflorum</i> Wats; par M. René Souèges.....	897	ESPACE A n DIMENSIONS. — Tangentes principales d'une variété à p dimensions dans l'espace à n dimensions; par M. Léonce Lesieur.....	724
ÉMULSIONS. — Relation entre le renversement des émulsions et les changements de phase des savons; par M. Félix Lachamp.....	46	— Deux effets de la rationalité de l'intersection de p hyperquádriques d'un espace E_n à n dimensions; par M. Léonce Lesieur.....	808
ENGINS EXPLOSIFS. — Procédé propre à diminuer les risques encourus au cours de l'ouverture et de l'étude d'engins explosifs; par M. André Kling.....	458	ESSENCES VÉGÉTALES. — Voir <i>Chimie végétale</i> .	
ENGRAIS. — Voir <i>Chimie agricole</i> .		ESTERS (ÉTHERS-SELS). — Action du carbonate de sodium sur le chloro-4 hydroxy-3 butanoate d'éthyle. Mécanisme de la réaction; par M. René Rambaud.....	742
ENSEMBLES (THÉORIE DES). — Sur les domaines plans appuyables; par M. Eugène Blanc.....	238	— Arylation des esters de l'acide Δ_2 -cyclopenténylacétique; par MM. Buu-Hoi et Paul Cagniant.....	744
— Correspondance entre les frontières d'un ensemble et de son R-adjoint. Ensembles R-complémentaires; par M. Eugène Blanc.....	74	— Sur la préparation des azotites organiques au moyen de l'hydrolyse de l'azotite d'aluminium; par MM. André Chrétien et Yves Longi.....	746
ENTOMOLOGIE. — Voir <i>Hémiptères</i> .		— Voir <i>Acides-éthers, Cétonés</i> .	
ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — L'hybridation, facteur régulateur naturel des populations euliciennes chez le Moustique commun; par M. Émile Roubaud.....	229	ÉTHERS-OXYDES. — Voir <i>Cyclohexène et dérivés</i> .	
ENZYMES. — Voir <i>Chimie biologique</i> .		ÉTINCELLES; AMORÇAGE. — Sur le mécanisme d'amorçage des étincelles; par M. Stanislas Teszner.....	307, 390
ÉQUATIONS (THÉORIE DES). — Voir <i>Calcul symbolique</i> .		ÉTOILES. — Voir <i>Astronomie physique, Astronomie stellaire</i> .	
ÉQUATIONS INTÉGRALES. — Voir <i>Calcul symbolique</i> .		EXCITATION ÉLECTRIQUE. — Voir <i>Neurophysiologie</i> .	
ESCAROT. — Voir <i>Gastéropodes</i> .		EXPLOSIFS. — Voir <i>Engins explosifs</i> .	
ESPACE A TROIS DIMENSIONS. — Voir <i>Géométrie algébrique</i> .			

F

FER. — Voir <i>Cérium, Phosphates métalliques, Salicylates, Vitamines</i> .		FLEURS. — Voir <i>Inflorescence</i> .	
FERMENTS. — Voir <i>Microbiologie</i> .		FLUORESCENCE. — Absorption de molécules organiques pendant l'excitation de leur fluorescence; par M. Michel Hasselmann.....	454
FERROMAGNÉTISME. — Représentation mathématique des cycles d'hysteresis; par M. Pierre Bricout.....	244	— Sur le phénomène de concentration des solutions fluorescentes; par M. Didier Bertrand.....	525
— Étude de noyaux ferromagnétiques soumis à une induction sinusoïdale; par M. Israël Épelboim.....	651	— Nouvelle théorie de la fluorescence des substances organiques; par M. Didier Bertrand.....	654
— Loi d'approche à la saturation d'un ferromagnétique à aimantation spontanée irrégulière; par M. Louis Néel.....	738	— Voir <i>Radioactivité</i> .	
— Loi d'approche à la saturation et forces magnétocristallines dans les ferromagnétiques cubiques polycristallins; par M. Louis Néel.....	814	FLUORESCYANINE. — Voir <i>Chimie physiologique</i> .	
FEUILLE. — Voir <i>Chimie agricole</i> .		FLUORURE DE BORE. — Voir <i>Cyclohexène et dérivés</i> .	
FLAMME. — Voir <i>Pression des gaz dans une flamme</i> .		FONCTIONS (THÉORIE DES). — Voir <i>Fonctions harmoniques, Probabilités, Représentation conforme</i> .	

TABLE DES MATIÈRES.

939

Pages.	Pages.
FONCTIONS ALÉATOIRES. — Voir <i>Mécanique rationnelle, Probabilités.</i>	
FONCTIONS D'ONDES. — Voir <i>Mécanique ondulatoire.</i>	
FONCTIONS HARMONIQUES. — Sur l'allure des fonctions harmoniques à la frontière; par M. Marcel Brelot.	676
FORÊTS. — Voir <i>Paléobotanique.</i>	
FORMOL. — Étude de la solution de formaldéhyde; par M. Robert Sauterey.	595
— Voir <i>Cytophysiologie végétale, Microbiologie.</i>	
FOSSILES. — Voir <i>Micropaléontologie.</i>	
FOURS A INDUCTION. — Voir <i>Chaleur.</i>	

G

GALAXIE. — Voir <i>Astronomie stellaire.</i>		— Conditions tectoniques du tracé de la Basse-Seine; par MM. A. Cholley et Lucien Firmin.	921
GASTÉROPODES. — Les phases de croissance chez <i>Helix aspersa</i> Müll; par Mlle Jeanne Defaye.	411	GÉOLOGIE. — Les granites précambriens de l'Anti-Atlas; par M. Georges Choubert.	289
— Forme de la croissance chez quelques Gastéropodes Hélicidés, par Mlle Jeanne Defaye.	476	— Découverte d'organismes calcaires dans le Précambrien de l'Anti-Atlas; par M. Georges Choubert.	561
GAZ RARES. — Voir <i>Électronique.</i>		— Les grès de Serdelès (Fezzan); par M. Nicolas Menchikoff.	292
GÉNÉTIQUE. — Descendance d'espèces tétraploïdes et d'hybrides interspécifiques amphidiploïdes du genre <i>Nicotiana</i> ; par MM. Henri Hitier et Alexandre Fardy.	120	— Sur la transgression sénonienne dans la région tellienne du département d'Alger; par M. Alexis Lambert.	406
— Formes amphidiploïdes du genre <i>Nicotiana</i> obtenues par l'action de la colchicine; par MM. Alexandre Fardy et Henri Hitier.	251	— Mouvements d'âge crétacé supérieur sur les bordures SE et NE du Bassin d'Alès (Gard); par M. Henri Agalède.	501
— Étude statistique d'une ségrégation mendélienne; par M. Sarbas Ghelelovitch.	253	— Le problème de Minorque; par M. Paul Fallot.	563
— Variabilité de la proportion des phénotypes dans la ségrégation en F ₂ , d'un croisement entre deux races de <i>Drosophila melanogaster</i> ; par M. Sabbas Ghelelovitch.	338	— Le problème de Gibraltar; par M. Paul Fallot.	611
GÉOCHIMIE. — Sur la formation des gisements d'apatite; par MM. Adrien-André Sanfourche et Alexandre Krapivine.	784	GÉOMÉTRIE. — Applications des déterminants à la géométrie du tétraèdre; par MM. Robert Bouvaist et Victor Thébault.	32
GÉODÉSIE. — Évaluation de la précision d'un nivellement par le procédé des droites moyennes; par M. Jean Vignal.	276	— Sphères de Taylor du tétraèdre; par M. Victor Thébault.	104
— Compensation d'un réseau de nivellements; par M. Jean Vignal.	352	— Sur les propriétés de dérivabilité relatives à certains systèmes triples orthogonaux; par M. Georges Llensa.	297
— Étude des mouvements du sol au moyen de nivellements de précision; par M. Jean Vignal.	585	— Sur les configurations harmoniques; par M. Gaston Benneton.	548
— Altération des ondes transmises dans un médimarémètre, due à l'entraînement d'eau par la sonde; par M. Jean Vignal.	648	— Sur les configurations de Kummer et de Klein; par M. Gaston Benneton.	640
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — Sur les zones structurales du relief terrestre; la zone tropicale; par M. Emmanuel de Martonne.	758	— Voir <i>Tenseurs.</i>	
		GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — Sur certains caractères numériques d'un idéal sans composant impropre; par M. Roger Apéry.	234
		— Sur les courbes de première espèce de l'espace à trois dimensions; par M. Roger Apéry.	271
		— Voir <i>Espaces à n dimensions.</i>	

	Pages.		Pages.
GÉOPHYSIQUE. — Sur la détermination des termes du jour sidéral dans l'attraction luni-solaire par l'observation des pendules à gravité; par M. Nicolas Stoyko.....	668	GLUCOSIDES. — Voir <i>Cristallographie</i> .	
GERMINATION. — Voir <i>Microcalorimétrie microbienne</i> , <i>Physiologie végétale</i> , <i>Physique végétale</i> .		GRAINES. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .	
GLYCOCOLLE. — Action de l'acide nitreux sur le glycocolle et sur les polypeptides du glycocolle; par M. Max Viscontini.....	832	GRAMINÉES. — Voir <i>Biologie agricole</i> , <i>Pathologie végétale</i> .	
GLYCOGÈNE. — Voir <i>Chimie biologique</i> , <i>Physiologie comparée</i> .		GRANITES. — Voir <i>Géologie</i> .	
GLUCIDES. — Voir <i>Physiologie végétale</i> , <i>Spectroscopie</i> .		GRAPHITES. — Voir <i>Chimie minérale</i> .	
GLUCOSE. — Voir <i>Cristallographie</i> .		GRÈS. — Voir <i>Géologie</i> .	
		GROUPES (THÉORIE DES). — Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupes d'inertie et de ramification; théorie extrinsèque de la ramification; par M. Marc Krasner..	28
		— <i>Errata</i>	716
		— Groupes d'automorphismes d'un groupe localement compact; par M. Jean Braconnier.....	382

H

HAUTES FRÉQUENCES. — Voir <i>Électro-nique</i> , <i>Radioélectricité</i> .		— Voir <i>Spectres infrarouges</i> .	
HAUTES TEMPÉRATURES. — Influence de la dissociation sur l'évolution adiabatique d'un mélange gazeux à haute température; par MM. Gustave Ribaud et Hubert Gaudry....	909	HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .	
HAUTES TENSIONS. — Voir <i>Mesures électriques</i> .		HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Remarques sur la formation des méristèmes secondaires dans les tissus végétaux cultivés <i>in vitro</i> ; par M. Roger Gautheret.....	54
HÉLIUM. — Voir <i>Effet Zeeman</i> .		HOLOSIDES. — De la présence de stachyose dans deux espèces du genre <i>Scrophularia</i> ; par Mlle Marie-Madeleine Chollet.....	334
HÉMIPTÈRES. — Sur les lois de la croissance de l'Hémiptère <i>Pyrrhocoris apterus</i> L.; par MM. Marcel Abe-loos et Yannick Chanu.....	794	HOUILLES. — Voir <i>Pétrographie</i> .	
HÉRÉDITÉ. — Voir <i>Biologie agricole</i> .		HUILE DE LIN. — Voir <i>Polymérisation</i> .	
HÉTÉROCYCLES. — Sur quelques dérivés de l'isothiosemicarbazide : les hydrazinothiazolinones; par MM. Pierre Chabrier et Louis Pallu....	363	HYBRIDATION. — Voir <i>Entomologie biologique</i> , <i>Génétique</i> .	
— Voir <i>Hydantoïnes</i> .		HYDANTOÏNES. — Sur quelques hydantoïnes thiophéniques; par M. Pierre Chabrier et Mlle Bianca Tchoubar.....	284
HEURE. — Sur la réfraction latérale dans la détermination de l'heure à l'Observatoire de Paris; par M. Nicolas Stoyko.....	442	HYDRATATION. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .	
HISTOIRE DES SCIENCES. — M. Léon Guillet analyse un Ouvrage allemand : <i>Métal</i> , de Schenziger, traduit par Maurice Vincent et Edith Vincent..	294	HYDRATES. — Voir <i>Chimie minérale</i> .	
— M. Georges Bouligand fait hommage de son Ouvrage : <i>Les aspects intuitifs de la mathématique</i>	378	HYDRAULIQUE. — Calcul des chambres d'équilibre multiples à section variable et à étranglement par la (méthode D. F.); par M. Léopold Escande.....	35
— Voir <i>Statistique</i> .		— Méthode générale de calcul des chambres d'équilibre déversantes méthode D. F.; par M. Léopold Escande.....	432
HISTOLOGIE. — Mise en évidence des limites du sarcoplasme au niveau de la synapse myoneurale; par M. René Couteaux.....	567	— Application de la méthode semi-graphique au calcul de <i>n</i> chambres d'équilibre, déversantes ou non, en	

TABLE DES MATIÈRES.

941

Pages.	Pages.
série sur un canal d'amenée; par M. Léopold Escande..... 513	Poiseuille; par M. Julien Kravtchenko..... 647
— Vérification de la méthode D. F. appliquée au calcul des chambres d'équilibre à section constante; par M. Léopold Escande..... 581	— Étude du frottement superficiel longitudinal sur un fil en régime turbulent; par M. Pierre Heymes..... 726
— Note sur l'orientation des veines liquides en régime transitoire; par MM. Charles Camichel et Charles Bory..... 418	— Sur la représentation analytique des lames déversantes; par M. Joseph Bourot..... 728
— Sur le transport du sable sous l'influence de la houle; par MM. Jean Laurent et Henri Gridel..... 430	HYDROGÉNATION. — Sur quelques hydrogénations au moyen du dérivé aluminique du butanol-2; par M. René Ferrier..... 460
HYDROBIOLOGIE. — La membrane biologique des filtres à sable submergé. Membrane de printemps; par M. Jacques Wautier..... 371	— Voir Nickel de Raney.
— Structure et propriétés d'ensemble du dépôt organominéral des filtres à sable submergé; par M. Jacques Wautier..... 478	HYDROGÈNE. — Voir Aciers.
— Constitution chimique du dépôt organominéral des filtres à sable submergé; par M. Jacques Wautier..... 571	HYDROLOGIE. — Sur la décrue du Tech à Prats-de-Mollo; par M ^{lle} Aimée Péreau..... 854
HYDRODYNAMIQUE. — Contribution à l'étude des écoulements de révolution par la méthode de G. Darrieus; par M. Pierre Carrière..... 346	HYDROLYSE. — Voir Cellulose, Esters (Éthers-sels), Organomagnésiens.
— Sur une extension des régimes à la	HYDROSULFITE DE SODIUM. — Voir Indole.
	HYDROXYDE DE ZINC. — Sur la précipitation de l'hydroxyde de zinc; par M. Joseph Heubel..... 280
	HYDROXYDES. — Voir Chimie minérale.
	HYGROMÉTRIE. — Voir Physique atmosphérique.
	HYSTERESIS. — Voir Ferromagnétisme.

I

ICHTHYOLOGIE. — Sur la lecture des écailles de quelques Poissons du Niger moyen; par M. Théodore Monod..... 629	INTÉGRALES DÉFINIES. — Sur l'évaluation de certaines intégrales définies; par M. L. Thielemans..... 422
INDOLE. — Sur l'action oxydante de l'hydrosulfite de sodium sur l'indole; par M. Georges Cohen..... 708	INVAR. — Voir Métallographie.
INFLORESCENCE. — Observations sur la fleur du <i>Pistia Stratiotes</i> L.; par M. Paul Jaeger..... 467	IODE. — Voir Chimie analytique.
INFRAROUGE. — Voir Spectres infrarouges, Spectroscopie.	IONISATION. — Voir Électronique.
INFUSOIRES. — Voir Bactériologie.	IONS. — Voir Électronique, Polarisation rotatoire magnétique.
INONDATIONS. — Voir Agronomie.	ISOMÉRIE. — Voir Acides cinnamiques.
	ISOPODES. — Sur une coaptation nouvelle connexe de l'appareil copulateur de certains Oniscoïdes supérieurs; par M. Jean-Jacques Legrand..... 535

J

JOUR SIDÉRAL. — Voir Géophysique.

K

КАРЮ. — Voir Botanique coloniale.

L

	Pages.		Pages.
LACTONES. — Voir <i>Transpositions moléculaires</i> .		entre le calcul des problèmes et le calcul des propositions; par Mlle <i>Paulette Destouches-Février</i>	484
LAIT. — Sur les principes choliniques du lait et sur leur répartition entre les globules gras et le plasma; par M. <i>Ernest Kahane</i> et Mlle <i>Jeanne Lévy</i>	97	LOGIQUE SCIENTIFIQUE. — Voir <i>Physiologique</i> .	
— Voir <i>Microbiologie</i> .		LUMIÈRE (THÉORIE DE LA). — Remarques sur la nouvelle théorie de la lumière; par M. <i>Léon Bloch</i> ..	109
LAITIUE. — Voir <i>Printanisation</i> .		LUMINESCENCE. — Sur la possibilité de faire un dosage photocolorimétrique, en particulier dans une solution déjà colorée; par MM. <i>Marcel Chateau</i> et <i>Pierre Michel</i>	848
LÈPRE. — Voir <i>Médecine expérimentale</i> .		— Accroissement de conductibilité interne des cristaux dans l'électrophotoluminescence; par MM. <i>Georges Destriau</i> et <i>Joseph Mattler</i>	913
LIGNES ÉLECTRIQUES. — Voir <i>Électrotechnique</i> .			
LIGNINE. — Obtention de masses d'épuration des eaux dures à partir de la lignine technique, sous-produit de la saccharification du bois.; par MM. <i>Henri Gault</i> et <i>K. W. Hiong</i> ..	608		
LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — Rapports			

M

MAGNÉSIUM. — Voir <i>Alliages magnésium-métaux rares</i> .		en fonction des flux de chaleur en divers régimes d'écoulement; par M. <i>Alexandre Braun</i>	384
MAGNÉTISME. — Voir <i>Cérium, Ferromagnétisme, Polarisation rotatoire magnétique</i> .		— Sur la connexion aléatoire d'un fluide. Application à la turbulence; par MM. <i>Jean Bass</i> , <i>Georges Dedebant</i> et <i>Philippe Wehrle</i>	165
MAGNÉTISME TERRESTRE. — Variation, au cours du cycle solaire, de l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres; par M. <i>Pierre Bernard</i>	179	— Écoulement plan supersonique. Ondes de choc obliques et ondes de détente; par M. <i>Adalbert Oudart</i> ..	274
— Répartition des éruptions solaires en relation avec les orages magnétiques; par M. <i>Pierre Bernard</i>	506	— Contribution à la théorie de la surface portante; par M. <i>Jean Legras</i> ..	298
MARS. — Voir <i>Astronomie physique</i> .		— Voir <i>Aérodynamique</i> .	
MASSIF CENTRAL. — Voir <i>Tectonique</i> .		MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — Sur la validité du théorème d'Ehrenfest en mécanique ondulatoire de Dirac; par M. <i>Félix Bertalet</i>	105
MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — Voir <i>Théorie du potentiel</i> .		— Sur une identité de la théorie du photon; par M. <i>Léon Bloch</i>	240
MÉCANIQUE CÉLESTE. — Étude théorique du mouvement séculaire de l'axe terrestre; par M. <i>Henri Minneur</i>	107	— La fonction caractéristique quantique et la méthode des perturbations; par M. <i>Edmond Arnous</i>	348
MÉCANIQUE DES FLUIDES. — L'expression du frottement tangentiel dans les fluides visqueux en période d'échauffement ou de refroidissement; par M. <i>Alexandre Braun</i> ...	78	— La fonction caractéristique quantique et les méthodes d'approximation du genre <i>champ self consistent</i> ; par M. <i>Edmond Arnous</i>	440
— Comparaison des efforts tangentiels		— M. <i>Louis de Broglie</i> fait hommage de	

TABLE DES MATIÈRES.

943

	Pages.		Pages.
son Ouvrage : Ondes, Corpuscules, Mécanique ondulatoire.....	413	— Un dispositif à lecture électrique directe de mesures des tensions entre deux sphères; par M. Oleg Yadoff.....	216
— Id. De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau. T. 2.....	801	— Nouvel henrymètre à lecture directe; par M. René Barthélemy.....	242
— Sur les ensembles de fonctions d'ondes possibles correspondant à des conditions initiales mal déterminées; par M ^{lle} Cécile Morette....	487	— Mesure du rapport de deux faibles capacités à l'aide d'une bigrille-électromètre; par M. Jean Lacaze..	876
— Sur les états de masse des corpuscules de spin quelconque; par M. Gérard Petiau.....	489	MESURES ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES.	
— La généralisation des transformations de Lorentz et les équations d'ondes d'un système; par M. Serge Slansky.....	551	— Voir <i>Électrocinétique</i> .	
— La Mécanique multi-ondulatoire; par M. Bernard Kwal.....	844	MÉTABOLISME. — Voir <i>Microbiologie</i> .	
MÉCANIQUE ONDULATOIRE RELATIVISTE.		MÉTALLOGRAPHIE. — Microsondage élastique d'une pièce anisotrope. Application à un barreau d'invar tréfilé; par MM. Pierre Chevenard, Charles Crussard et Joseph Perrier.....	678
— Sur quelques points du problème des deux corps en Mécanique ondulatoire relativiste; par M. Serge Slansky.....	491	— Sur l'anomalie dilatométrique et l'anomalie thermoélastique de l'invar japonais; par MM. Pierre Chevenard et Pierre-Jean Bouchet.....	774
— Le principe fondamental de la Mécanique ondulatoire relativiste et la théorie des corpuscules limites; par M. Bernard Kwal.....	905	— Caractères optiques de quelques alliages d'aluminium; par M. Jacques Faïran.....	690
— Voir <i>Physique théorique</i> .		— Voir <i>Aluminium</i> .	
MÉCANIQUE PHYSIQUE. — La déformation plastique visqueuse des solides; par M. Robert L'Hermite....	439	MÉTALLURGIE. — Tensions internes dans les tubes en acier centrifugé; par M. Jean Caillaud.....	776
— Voir <i>Caoutchouc, Colloïdes, Métallographie</i> .		— M. Albert Portevin fait hommage d'un Ouvrage : Étude sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages. Relations avec les modes d'élaboration et de transformation de ces alliages, dont il a écrit la Préface.....	900
MÉCANIQUE QUANTIQUE. — Voir <i>Mécanique ondulatoire</i> .		— Voir <i>Aciers</i> .	
MÉCANIQUE RATIONNELLE. — Sur la structure des fonctions aléatoires; par M. Jean Bass.....	190	MÉTAUX RARES. — Voir <i>Alliages magnésium-métaux rares</i> .	
— Quelques conséquences mécaniques de l'équation de structure d'un corpuscule aléatoire; par M. Jean Bass.....	272	MÉTÉOROLOGIE. — Sur la température moyenne de l'air au voisinage du sol dans la région parisienne; par M. Charles Maurain.....	673
— Voir <i>Relaxation (Oscillations de) Tenseurs</i> .		— Le potassium dans l'eau de pluie; par M. Gabriel Bertrand.....	865
MÉCANIQUE RELATIVISTE. — Voir <i>Mécanique ondulatoire relativiste</i> .		— Sur la structure des perturbations tropicales africaines et des perturbations atmosphériques en général; par M. Paul Queney.....	504
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — Action de l'amide nicotinique sur les bacilles du genre <i>Mycobacterium</i> ; par M. Vital Chorine.....	150	MÉTHANE. — Contribution à l'étude des propriétés réductrices du méthane; par M. Jean Racine.....	823
— Voir <i>Carbures d'hydrogène et dérivés</i> .		MÉTHODE ÉLECTRODIFFÉRENTIELLE. — Voir <i>Chimie analytique</i> .	
MÉDIMARÉMÈTRE. — Voir <i>Géodésie</i> .		MÉTROLOGIE. — M. Albert Pérard fait hommage d'un exemplaire spécial du « Rapport sur la Révision des étalons des Bureaux de vérification des Poids et Mesures »....	547
MERCURE. — Voir <i>Physique moléculaire</i> .			
MÉSONÉRIE. — Voir <i>Vitamines</i> .			
MESURES ÉLECTRIQUES. — De l'amélioration des mesures de hautes tensions au moyen des éclateurs à sphères munis de disques égalisateurs de champs; par M. Oleg Yadoff.....	37		

	Pages.		Pages.
— Sur l'amortissement optimum d'un appareil de mesure pendulaire; par M. André Martinot-Lagarde.....	591	cées fossiles de deux tourbières du Cantal; par M. F. Firtion.....	787
— Voir <i>Métallographie</i> .		MICROPHYSIQUE. — Voir <i>Déterminisme en physique</i> .	
MICAS. — Voir <i>Minéralogie</i> .		MICRORADIOGRAPHIE. — Voir <i>Rayons X</i> .	
MICROBIOLOGIE. — Dissociation d' <i>Eremothecium Ashbyi</i> Guilliermond; par MM. Georges Arragon, Jean Mainil, Robert Refait et Henri Velu.....	65	MICROSCOPE PROTONIQUE. — Voir <i>Optique électronique</i> .	
— Sur la culture des champignons inférieurs et en particulier du <i>Penicillium notatum</i> sur des milieux formolés; par MM. Gaston Ramon et Rémy Richou.....	265	MINÉRALOGIE. — M. Vsevolod Romanovsky adresse une Note : Contribution à l'étude de la perméabilité des sédiments meubles.....	152
— Sur la production de ferments protéolytiques très actifs par le <i>B. subtilis</i> , cultivé dans des milieux à base de matières végétales. Conséquences; par MM. Gaston Ramon, Rémy Richou et Paul Ramon.....	341	— Les serpentines de l'Anti-Atlas; par M. Georges Choubert.....	332
— Sur les propriétés diastasiques bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques des filtrats de culture du <i>Bacille subtilis</i> ; par MM. Gaston Ramon, Rémy Richou et Paul Ramon.....	543	— M. Alfred Lacroix fait hommage des « Nouvelles observations sur les Fulgurites du Sahara ».....	377
— Action synergique de l'aldéhyde formique et de la chaleur sur la teneur du lait en germes microbiens; par MM. Gaston Ramon, Robert Debré, Rémy Richou, Marcel Lelong et M ^{me} Édith Bargeton.....	635	— Sur la formation des figures de corrosion par réaction irréversible, en particulier sur les micas; par M. Robert Delavault.....	666
— Les filtrats de culture du <i>B. subtilis</i> ou de germes analogues et leurs propriétés altérantes et destructives à l'égard des toxines bactériennes; par MM. Gaston Ramon et Rémy Richou.....	802	— Voir <i>Géologie</i> .	
— Épuration microbienne sélective du lait par de petites doses de trichloronitrométhane; par MM. Gabriel Bertrand et Maurice Lemoigne.....	721	MOLLUSQUES. — Évolution par variation du nombre des phases de croissance chez les Mollusques Limaciens; par M. Marcel Abeloos.....	62
— L'influence du milieu sur l'intensité du métabolisme respiratoire des polynucléaires; par M ^{lle} Jacqueline Pages et M. Albert Delaunay.....	798	MOLYBDATES. — Voir pH.	
— M. Selman A. Waksman fait hommage de son Ouvrage : <i>Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances</i>	900	MOLYBDÈNE. — Voir <i>Dilatations</i> .	
MICROCALORIMÉTRIE MICROBIENNE. — Mesure de la thermogénèse des Bactéries; par MM. Édouard Calvet, Jean Fricker et Henri Prat.....	797	MONNAIE. — M. Léon Guillet indique qu'il est saisi d'une protestation d'anciens Élèves de l'École Centrale relative à l'émission des billets de 300 fr. M. Albert Pérard appuie cette protestation.....	837
MICRODOSAGE. — Voir <i>Chimie analytique</i> .		MONOCHROMATEURS. — Voir <i>Optique instrumentale</i> .	
MICROPALÉONTOLOGIE. — Biostatistique des Diatomées et Chrysostomata-		MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir <i>Sterigmatocystis nigra</i> .	
		MOTEURS A EXPLOSION. — Sur les oscillations de pression consécutives à la détonation dans les moteurs à explosion; par M. Max Serruys.....	350
		MOTEURS D'AVIONS. — Le problème de la dessiccation de grandes masses d'air pour l'essai en altitude des moteurs d'avions; par M. Georges F. Jaubert.....	305
		MOUSTIQUES. — Voir <i>Entomologie biologique, Parasitologie</i> .	
		MOUTARDE. — Voir <i>Printanisation</i> .	
		MOUVEMENT BROWNIEN. — Sur le mouvement brownien dépendant de plusieurs paramètres; par M. Paul Lévy.....	420
		MUTATIONS. — Voir <i>Biologie agricole</i> .	
		MYCOLOGIE. — Voir <i>Champignons, Sterigmatocystis nigra</i> .	

N

	Pages.		Pages.
NAVET. — Voir <i>Printanisation</i> .		NITRATES MINÉRAUX. — Le nitrate d'acétyle agent de synthèse pour la préparation des nitrates minéraux anhydres; par MM. André Chrétien et Georges Boh.....	822
NÉBULEUSES. — Voir <i>Astronomie physique</i> .		NITRE. — Voir <i>Effet Raman et chimie</i> .	
NEUROPHYSIOLOGIE. — Libération de médiateur chimique sympathique par action électrique sur les centres médullaires et les ganglions; par M ^{me} Berthe Chauchard et M. Paul Chauchard.....	702	NITRILES. — Sur un mode de préparation du nitrile β -phénylpropionique; par M. Paul Cordier.....	177
— Effet correcteur, exercé sur les troubles neuromusculaires, des carences acidotiques par une carence alcalotique surajoutée; par MM. Raoul Lecoq, Paul Chauchard et M ^{me} Henriette Mazoué.....	860	— Sur le seminitrilé phényl-méthoxy-succinique (phénylméthylmalique); par M. Jean Schreiber.....	200
NICKEL. — Sur l'oxyde de nickel trivalent $Ni^2 O^3$; par M. Jean Besson..	320	NIVELLEMENT. — Voir <i>Géodésie</i> .	
— Sulfate basique de nickel; par M. Jules Lamure.....	601	NOMBRES (THÉORIE DES). — Sur les nombres premiers représentables par des polynômes du second degré; par M. Guy Wormser.....	159
— Voir <i>Spectroscopie</i> .		— Sur le nombre des nombres premiers inférieurs à une valeur donnée; par M. André Roussel.....	842
NICKEL DE RANEY. — Activation du nickel de Raney par la soude; par M. Marcel Paty.....	827	NOMBRES PREMIERS. — Voir <i>Nombres (Théorie des)</i>	
NICOTINE. — Voir <i>Médecine expérimentale</i> .		NOVÆ. — Magnitude absolue des novæ galactiques; par M. Charles Bertaud..	136
		— Voir <i>Heure</i> .	

O

ŒUVRES SCIENTIFIQUES. — La Société Helvétique des sciences naturelles, adresse le volume 5, première série, des Œuvres d'Euler.....	295	OPTIQUE. — Dépolarisation longitudinale de la lumière par les suspensions grossières; par M. Augustin Boutaric et M ^{lle} Marie-Agnès Hirtz.....	309
OLIGOCHÊTES. — Voir <i>Bactériologie</i> .		— Le photon et le principe d'équivalence; par M. Joseph Sivadjian....	523
OMBELLIFÈRES. — Voir <i>Embryogénie végétale</i> .		— Mesure des facteurs de transmission et de réflexion sous l'incidence normale; par M. Charles Bouhet et M ^{lle} Marthe Huot de Longchamp...	653
ONDES COURTES. — Voir <i>Electromagnétisme</i> .		— Sur quelques liquides à forte dispersion; par M. Jacques Duclaux et M ^{lle} Anne-Marie Biget.....	801
ONDES DE CHOC. — Voir <i>Mécanique des fluides</i> .		— Sur une nouvelle évaluation du stigmatisme approché; par M. P.-Michel Duffieux.....	846
ONDES DE DÉTENTE. — Voir <i>Mécanique des fluides</i> .		— Sur une nouvelle évaluation de la distorsion et de la coma; par M. P.-Michel Duffieux.....	911
OPHTALMOLOGIE. — Nouveau dispositif permettant le rétablissement de la vision normale sans accroissement dimensionnel des images rétinienues dans la compensation de l'aphakie résultant de l'opération uni- ou bilatérale de la cataracte; par M. Louis Lumière.....	71		

	Pages.		Pages.
— Voir <i>Couches métalliques minces, Dispersion rotatoire, Ophthalmologie.</i>		le magnésium du chlorhydrate de pinène; par MM. <i>Gustave Vavon</i> et <i>Charles Rivière</i>	286
OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — Sur un projet de microscope protonique; par MM. <i>Claude Magnan, Paul Chan-son</i> et <i>André Ertaud</i>	770	— Action du chlorure ferrique sur les dérivés organomagnésiens du para-dibromobenzène et du <i>p.p'</i> -dibromobiphényle; par M. <i>Georges Champetier</i> et M ^{lle} <i>Klaudia Smarzewska</i>	891
OPTIQUE INSTRUMENTALE. — Sur la transmission des monochromateurs; par M. <i>Jean Terrien</i>	140	— Voir <i>Benzophénarsazines.</i>	
OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — Sur le phénomène de la <i>marque tournante</i> ; par M. <i>Armand de Gramont</i>	416	ORGE. — Voir <i>Biologie agricole.</i>	
— Sur la sensibilité différentielle de la rétine aux sources ponctuelles; par M. <i>Alexandre Ivanoff</i>	620	OSCILLATEURS; EXCITATION. — Voir <i>Radioélectricité.</i>	
ORGANOMAGNÉSIENS. — Sur la transposition des acides dérivés de l'acide bromo-5 salicylique par hydrolyse de leurs sels de bromomagnésium; par MM. <i>Raymond Quelet</i> et <i>Marcel Paty</i>	324	OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — Sur la fréquence entretenue par un oscil- lateur à lampe; par M. <i>Jean Queffelec</i>	194
— Action du bromure de benzyle sur les magnésiens; par M. <i>Gustave Vavon</i> , M ^{lle} <i>Colette Chaminade</i> et M. <i>Georges Quesnel</i>	850	OXIMES. — Voir <i>Amines.</i>	
— Action du formiate, du chloroformiate et du carbonate d'éthyle sur		OXYCHLOROBROMURES DE PHOSPHORE. — Voir <i>Effet Raman et chimie.</i>	

P

PALÉOBOTANIQUE. — Histoire forestière flandrienne comparée de la Montagne de la Madeleine, des Bois Noirs et des Monts du Forez; par M. <i>Georges Dubois</i> et M ^{me} <i>Camille Dubois</i>	534	<i>ria pirina</i> Aderhold; par M. <i>Louis Guyomard</i>	858
PALÉONTOLOGIE. — Développements aberrants chez des Nummulites; par M. <i>René Abrard</i>	786	PÉDOLOGIE. — Sur l'absence de la raie de grand espacement dans les diagrammes aux rayons X des fractions argileuses de certains sols; par M. <i>Roger Michaud</i>	53
PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir <i>Paléobotanique.</i>		— Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols; par MM. <i>Georges Aubert</i> et <i>Stéphane Hénin</i>	330
PARASITOLOGIE. — Sur les propriétés anthelminthiques de certains sels de métaux alcalins et alcalinoterreux; par M. <i>Robert Deschiens</i>	122	PÉNICILLINE. — Voir <i>Microbiologie.</i>	
— Utilisation éventuelle du Batracien <i>Xenopus laevis</i> dans la lutte contre les larves de Moustiques : interactions diverses à prévoir; par M. <i>Émile Brumpt</i>	923	PEPTIDES. — Voir <i>Glycocolle.</i>	
PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — Étude biométrique de <i>Puccinia graminis</i> Persoon (Rouille noire des Graminées); par M. <i>Lucien Guyot</i>	700	PERTURBATIONS (MÉTHODE DES). — Voir <i>Mécanique ondulatoire.</i>	
— Sur le mode de contamination du Poirier par les conidies de <i>Venturia</i>		PERTURBATIONS MAGNÉTIQUES. — Voir <i>Magnétisme terrestre.</i>	
		PÉTROGRAPHIE. — Caractères généraux du massif granito-dioritique du Tichka (Maroc); par M. <i>Henri Termier</i> et M ^{me} <i>Geneviève Termier</i>	249
		— Le problème du diorite et des roches qui lui sont associées dans le massif du Tichka; par M. <i>Henri Termier</i> et M ^{me} <i>Geneviève Termier</i>	288
		— Observations sur la structure micro-	

TABLE DES MATIÈRES.

947

Pages.	Pages.
scopique des houilles du bassin de Bertholène (Aveyron); par M. Frédéric-Marie Bergounioux et M ^{lle} Jeanne Doubinger.....	609
— Influence du pH sur la composition et l'aspect physique des molybdates d'ammonium; par M. Henri Guiter.....	146
— Interprétation des différences de toxicité par les voies intramusculaire et intraveineuse; par M ^{lle} Jeanne Lévy.....	538
— Mécanisme de l'action pharmacodynamique du chlorure de cobalt; par MM. Fernand Caujolle, Claude Franck et Robert Grandpierre.....	625
— Différenciation par la novocaïne des effets dépresseurs de l'ésérine sur le cœur et de son action sensibilisante à l'acétylcholine; par M. René Hazard, M ^{lle} Elisabeth Corteggiani et M. Jean Cheymol.....	627
— Voir Alcaloïdes, Aspergillacées, Scorbout.	
PHARMACOLOGIE. — Action inhibitrice du Buis (<i>Buxus Sempervirens</i> L. et <i>Buxus batavica</i> Willd) sur la cholinestérase du sérum; par M. Daniel Vincent et M ^{lle} Thérèse Mathou....	474
— Yohimbol et einchonamine; par M. Raymond-Hamet.....	670
— Sur la rutécarpine; par M. Raymond-Hamet.....	792
PHÉNOL. — Voir Carbures cycliques et dérivés, Cyclohexène et dérivés, Nitriles.	
PHÉNYLURÉTHANE. — Voir Cytologie expérimentale.	
PHOSPHATES MÉTALLIQUES. — Recherches sur les ferrimétaphosphates; par M ^{lle} Denise Kantzer.....	661
PHOSPHATES MINÉRAUX. — Voir Chimie biologique.	
PHOTOÉLECTRICITÉ. — Variation du nombre de décharges en fonction du flux lumineux dans les compteurs de photons; par M. Joseph Matller.....	171
PHOTOÉLECTRONS. — Voir Rayons γ .	
PHOTOGRAPHIE. — Emploi du papier ozalid pour les enregistrements photographiques; par M. A.-A. Guntz.....	113
— Sur un nouvel effet photographique; par M. Roger Viollet.....	396
PHOTOLUMINESCENCE. — Voir Luminescence.	
PHOTOMÉTRIE. — Possibilité de comparer des flux lumineux non modulés au moyen d'une cellule photo-	
électrique à multiplicateur d'électrons suivi d'un amplificateur de tensions alternatives; par M. Louis Le Blan.....	394
— Voir Astronomie physique, Optique instrumentale.	
PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE. — Sur l'origine des erreurs locales et les inégalités d'épaisseur des couches sensibles : étude photométrique, interférentielle et microscopique; par M. Gérard de Vaucouleurs.....	452
PHOTON. — Voir Mécanique ondulatoire, Optique, Photoélectricité.	
PHOTOXYDATION. — Voir Carbures cycliques et dérivés.	
PHYSICOCHIMIE. — Nouvelle méthode d'étude de la diffusion dans les liquides. Mesure des coefficients de diffusion; par M. Édouard Calvet...	597
PHYSICO-LOGIQUE. — Sur les règles de composabilité dans les logiques de la complémentarité de M ^{me} Destouches-Février; par M. Renaud de Bengy-Puyvallée.....	589
PHYSIOLOGIE. — Rôle de la thyroïde dans la genèse de la créatinurie thymiprive chez le Cobaye; par M. J. Comsa.....	227
— Influence défatigante de l'inhalation des mélanges riches en oxygène; par MM. Léon Binet, Daniel Bargeton et Claude Laroche.....	840
— Voir Cytophysiologie, Neurophysiologie.	
PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — Sur la teneur en glycogène des diverticules digestifs de l'Huitre; par M ^{lle} Marie Bargeton.....	623
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur le dégagement de chaleur manifesté au cours des premiers stades de l'hydratation des graines; par MM. Henri Prat et Édouard Calvet.....	117
— Influence de la déshydratation préalable des graines sur la thermogenèse de germination; par MM. Henri Prat et Édouard Calvet.....	226
— Sur les phénomènes de migration dans les tubercules de Carotte conservés; par M. Lucien Plantefol.....	224
— Étude des néoformations produites sur des tubercules de Carotte privés de bourgeons; par MM. Lucien Plantefol et Roger Buwat.....	614
— Sur l'état de l'eau dans les tissus végétaux progressivement refroidis; par MM. Roger Ulrich et Claude Leblond.....	565
— Structure et composition glucidique	

	Pages.		Pages.
des tubercules de Topinambour; par M. Henri Belval et M ^{lle} Simone Lemoyne.....	58	PINÈNE. — Voir <i>Organomagnésien</i> .	
— Inhibition temporaire du développe- ment d'un bourgeon axillaire due à la présence d'un moignon de ti- gelle surmontant ce bourgeon; par M. René Castan.....	788	PLANÈTE. — Voir <i>Astronomie physique</i> .	
— Voir <i>Cytophysologie végétale</i> , <i>Phy- sique végétale</i> , <i>Printanisation</i> .		PLÉOCHROÏSME. — Voir <i>Spectroscopie</i> .	
PHYSIQUE. — Voir <i>Mesures électriques</i> , <i>Moteurs d'avions</i> .		PLUIE. — Voir <i>Météorologie</i> .	
PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — Erreurs dans les mesures hygrométriques à bord d'avions rapides; par MM. Edmond Brun et Robert Caron.....	613	ROIDS ET MESURES. — Voir <i>Métrologie</i> .	
— Voir <i>Météorologie</i> .		POIRIER. — Voir <i>Pathologie végétale</i> .	
PHYSIQUE DU GLOBE. — Voir <i>Géochimie</i> , <i>Géophysique</i> , <i>Magnétisme terrestre</i> , <i>Météorologie</i> .		POLARIMÉTRIE. — Voir <i>Optique</i> .	
PHYSIQUE INSTRUMENTALE. — Voir <i>Radioélectricité</i> .		POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — Variations des rotations magné- tiques des ions nitrique et sulfu- rique dans les solutions aqueuses; par MM. René de Mallemann et Fernand Guillaume.....	142
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — Sur la dif- fusion des atomes ou des molécules par une paroi de verre; par M. Louis Dunoyer.....	520	— Rotativité moléculaire des acides or- ganiques et de leurs sels; par MM. René de Mallemann et Fernand Guillaume.....	740
— Les changements moléculaires des substances cristallisables étendues sur le mercure; par M. Henri De- vaux.....	638	POLÉMONIACÉES. — Voir <i>Embryogénie végétale</i> .	
— Voir <i>Polarisation rotatoire magné- tique</i> , <i>Spectroscopie</i> .		POLLEN ATMOSPHÉRIQUE. — Observa- tions sur une analyse de pollen atmosphérique; par Mme. Made- leine van Campo-Duplan.....	856
PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — Voir <i>Physique théorique</i> .		POLYMERISATION. — Sur la polymérisa- tion thermique de l'huile de Lin; par MM. Georges Champetier et Jean Petit.....	748
PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — Voir <i>Spec- tres infrarouges</i> .		— Sur l'éthanololyse de l'huile de Lin polymérisée thermiquement; par M. Jean Petit.....	829
PHYSIQUE THÉORIQUE. — Sur la théorie relativiste du nucléon et l'inter- prétation du spin isotopique; par M ^{lle} Jeannine Viard.....	300	POLYMORPHISME. — Voir <i>Chimie phy- sique</i> .	
— Expression générale des opérateurs fondamentaux attachés à un sys- tème fermé de deux corpuscules de Dirac; par M ^{lle} Jeannine Viard.	494	POLYNOMES. — Voir <i>Algèbre</i> , <i>Nombres (Théorie des)</i> .	
— Sur la théorie des forces nucléaires; par M. Jean-Louis Destouches.....	302	POLYNUCLÉAIRES. — Voir <i>Microbio- logie</i> .	
— Sur les identités quadratiques de la théorie de Dirac; par M. Émile Du- rand.....	517	POTASSE. — Voir <i>Chimie agricole</i> .	
— Voir <i>Déterminisme en physique</i> , <i>Lu- mière (Théorie de la)</i> , <i>Mécanique ondulatoire</i> .		POTASSIUM. — Voir <i>Absorption des radiations</i> , <i>Météorologie</i> .	
PHYSIQUE VÉGÉTALE. — Sur les élé- ments des courbes de thermogenèse utilisables pour caractériser l'état et les propriétés spécifiques des semences; par MM. Henri Prat et Édouard Calvet.....	470	POTENTIEL. — Voir <i>Théorie du potentiel</i> .	
PHYTOPHYSIOLOGIE. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .		POUDRES COLLOÏDALES. — Voir <i>Colloïdes</i> .	
		PRÉCAMBRIEN. — Voir <i>Géologie</i> .	
		PRESSION DES GAZ DANS UNE FLAMME. — Sur la variation de la pression totale des gaz au sein d'une flamme stationnaire; par M. Numa Man- son.....	734
		PRINTANISATION. — Essais de printani- sation de diverses espèces de végé- taux cultivés; par M. Roger David..	118
		PROBABILITÉS. — Sur l'équation carac- téristique des surfaces de probabi- lités; par M. René Risser.....	31
		— Sur le mode de tirages contagieux; par M. René Risser.....	210
		— Généralisations du théorème de M. Khintchine sur la validité de la loi des grands nombres pour les suites stationnaires de variables aléatoires; par M. Ky Fan.....	102

TABLE DES MATIÈRES.

949

Pages.		Pages.
— La loi forte des grands nombres pour les fonctions aléatoires stationnaires continues; par MM. André Blanc-Lapierre et Roger Brard.....	134	Loève..... 380
— Les fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes; par M. André Blanc-Lapierre.....	378	— Voir <i>Mouvement brownien</i> .
— Sur la covariance d'une fonction aléatoire; par M. Michel Loève.....	295	PROTÉINES. — Voir <i>Chimie biologique</i> .
— Analyse harmonique générale d'une fonction aléatoire; par M. Michel		PROTISTOLOGIE. — États cytoplasmiques chez un Thécamoebien, la <i>Cryptodiffugia oviformis</i> . Pén : l'ectoplasme au contact des surfaces; par M. Louis Ziegler..... 336
		— Voir <i>Bactériologie</i> .
		PROTUBÉRANCES. — Voir <i>Soleil</i> .

R

RADIOACTIVITÉ. — Le spectre L de fluorescence du RaD; par MM. Marcel Frilley et Tsien San-Tsiang.....	144	RELAXATION (OSCILLATIONS DE). — Définition cinématique des oscillations de relaxation; par M. Jean Abelé..	511
— Voir <i>Rayons γ</i> .		RELIEF TERRESTRE. — Voir <i>Géographie physique</i> .	
RADIOANALYSE. — Micro-radioanalyse. Application à la diffusion des métaux par M. Mladen-Pač.....	559	REPRÉSENTATION ANALYTIQUE. — Voir <i>Hydrodynamique</i> .	
RADIOÉLECTRICITÉ. — Générateur d'impulsions à bords abrupts; application à l'étude de l'évolution des spectres de gaz après excitation; par M. Pierre Lejay.....	69	REPRÉSENTATION CONFORME. — Sur la correspondance des frontières dans la représentation conforme; par M. Jacques Dufresnoy.....	189
RADIOGRAPHIE. — Voir <i>Radioanalyse</i> .		— Sur un théorème d'Ahlfors et son application à l'étude de la représentation conforme; par M. Jacques Dufresnoy.....	424
RADIOMICROSODAGE. — Voir <i>Chimie analytique</i> .		REPRÉSENTATION IONIQUE. — Voir <i>Carbures d'hydrogène et dérivés</i> .	
RADIS. — Voir <i>Printanisation</i> .		REPRODUCTION. — Voir <i>Isopodes</i> .	
RAYONS COSMIQUES. — Sur une nouvelle forme de la relation permettant d'obtenir la masse d'une particule par choc élastique; par M. Serge Gorodetzky.....	915	RÉSEAUX POLYPHASÉS. — Remarques sur la théorie des réseaux électriques polyphasés symétriques; par M. François Raymond.....	450
RAYONS γ. — Sur les photoélectrons des rayons γ de RaD; par MM. Tsien San-Tsiang et Claude Marty.....	688	RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Étude générale du flambement des arcs; par M. Robert Lévi.....	436
RAYONS X. — Sur l'étude des mélanges soufre caoutchouc par microradiographie; par M. Jean-Jacques Trillat.....	456	— Observations sur la Note précédente; par M. Albert Caquot.....	438
— Radiographie par électrons secondaires; par MM. A. Saulnier et Jean-Jacques Trillat.....	772	— Voir <i>Aérodynamique, Mécanique physique, Métallurgie</i> .	
— Voir <i>Chimie analytique, Cristallographie, Pédologie</i> .		RESPIRATION. — Voir <i>Cytophysiologie</i> .	
RÉFLEXION ET RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE. — Voir <i>Optique</i> .		RHÉNIUM. — Sur la valence V du rhénium; par Mlle Suzanne Tribalat.....	881
RÉGIME TURBULENT. — Voir <i>Hydrodynamique</i> .		RUBIDIUM. — Voir <i>Chimie biologique</i> .	
		RUBRÈNE. — Voir <i>Carbures cycliques et dérivés</i> .	

S

SACCHARIFICATION. — Voir <i>Lignine</i> .		vide des salicylates de zinc, de cadmium, de cuivre et de fer bivalent; par M. Marcel Chaigneau....	91
SAHARA. — Voir <i>Minéralogie</i> .			
SALICYLATES. — Pyrogénéation dans le			

	Pages.		Pages.
SAMARIUM. — Voir <i>Alliages magnésium-métaux rares</i> .		SPECTROPHOTOMÉTRIE. — Voir <i>Chimie analytique</i> .	
SARCOLEMME. — Voir <i>Histologie</i> .		SPECTROSCOPIE. — Absorption du sulfate de nickel $\text{SO}_4 \text{Ni}$, $6\text{H}_2\text{O}$ quadratique dans le proche ultraviolet; par M. Robert Tréhin.....	40
SATURATION. — Voir <i>Ferromagnétisme</i> .		— Pléochroïsme du sulfate de nickel dans le proche ultraviolet; par M. Robert Tréhin.....	85
SAVONS. — Voir <i>Émulsions</i> .		— Spectres d'absorption infrarouges de cétones aliphatiques et leur interprétation; par M. Jean Lecomte....	41
SCORBUT. — Thérapeutiques non spécifiques du scorbut expérimental appliquées au Cobaye et variations correspondantes de la teneur de ses organes en acide ascorbique; par MM. Raoul Lecoq, Paul Chaudard et M ^{me} Henriette Mazoué....	631	— Étude des spectres de vibration de quelques cyclanones; par M ^{lles} Germaine Cauquil, Annie Delay et M. Jean Lecomte.....	879
— Action positive de l'acide ascorbique sur la résistance vasculaire du Cobaye normal et du Cobaye scorbutique; par MM. Jean Lavollay et Jean Sévestre.....	472	— Nouveau système de bandes de la molécule d'azote; par M. Joseph Janin.....	218
SÉGRÉGATION MENDÉLIENNE. — Voir <i>Génétique</i> .		— Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des glucides et aussi de la catalyse; par M. Henri Deslandres.....	261
SELS BASIQUES. — Voir <i>Chimie minérale</i> .		— Spectre de recombinaison de la molécule d'azote; par M ^{me} Renée Herman.....	593
SELS ORGANIQUES. — Voir <i>Polarisation rotatoire magnétique</i> .		— Détermination de la température par distribution d'intensité des bandes dans un système; par M ^{me} Renée Herman.....	878
SEMENCES. — Voir <i>Physique végétale</i> .		— Voir <i>Effet Zeeman, Radioélectricité</i> .	
SÉRIES. — Sur les séries de Fourier; par M. H. Kober.....	763	SPIN. — Voir <i>Mécanique ondulatoire. Physique théorique</i> .	
SÉROLOGIE. — Voir <i>Chimie biologique, Pharmacologie</i> .		SPIROGYRES. — Voir <i>Cytologie végétale</i> .	
SÉRUMS. — Voir <i>Microbiologie</i> .		STATISTIQUE. — Variation de l'âge académique moyen au cours du dernier demi-siècle (1895-1945) et comparaison avec l'année 1845; par M. Maurice Caullery.....	23
SILICE. — Action de l'eau et de solutions potassiques agissant, sous pression, sur les différentes formes de silice; par M. Jean Wyart.....	830	STATISTIQUE CLASSIQUE. — Voir <i>Astronomie physique</i> .	
SODIUM. — Voir <i>Cétones</i> .		STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — Voir <i>Analyse factorielle, Probabilités</i> .	
SOLEIL. — Sur une connexion possible entre la formation des taches et celle des protubérances solaires; par M. et M ^{me} L. d'Azambuja.....	874	STERIGMATOCYSTIS NIGRA. — Sur quelques variations morphologiques provoquées chez <i>Sterigmatocystis nigra</i> Cramer 1859; par MM. Auguste et René Sartory, et Benoît Würtz.....	56
— Sur la différence entre le ralentissement polaire de la vitesse de rotation des taches solaires et celui des protubérances; par M. et M ^{me} L. d'Azambuja.....		STIGMATISME APPROCHÉ. — Voir <i>Optique</i> .	
— Voir <i>Astronomie physique, Magnétisme terrestre</i> .		STILBÈNE. — Voir <i>Carbures d'hydrogène et dérivés</i> .	
SORGHO. — Voir <i>Biologie agricole</i> .		STRUCTURES MOLÉCULAIRES. — Voir <i>Fluorescence</i> .	
SOUDE. — Voir <i>Nickel de Raney</i> .		SUCRES. — Voir <i>Biologie agricole, Cristallographie, Cytophysiologie, Physiologie végétale</i> .	
SOUFRE. — Voir <i>Aciers, Rayons X</i> .		SULFATE DE NICKEL. — Voir <i>Spectroscopie</i> .	
SPARTÉINE. — Voir <i>Alcaloïdes</i> .			
SPECTRE RAMAN. — Voir <i>Effet Raman et chimie</i> .			
SPECTRES INFRAROUGES. — Spectre infrarouge des tissus animaux entre 4 et 8 μ ; par M. Henri Leñormant....	711		
SPÉCTRES DE BANDES. — Voir <i>Spectroscopie</i> .			
SPECTRES MOLÉCULAIRES. — Voir <i>Spectroscopie</i> .			
SPECTROGRAPHIE. — Voir <i>Astronomie physique</i> .			

TABLE DES MATIÈRES.

951

	Pages.		Pages.
SULFATES FERRIQUES. — Contribution à l'étude des sulfates ferriques; par M. Jean Amiel, M ^{lle} Micheline Gourdonneau et M. René Vauthier.	402	SYNAPSE MYONEURALE. — Voir <i>Histologie</i> .	
SULFATES MÉTALLIQUES. — Voir <i>Nickel</i> .		SYNTHÈSE. — Voir <i>Cétones</i> .	
SYMBIOSE. — Voir <i>Bactériologie</i> .		SYSTÈME SOLAIRE. — Voir <i>Astronomie</i> .	
		SYSTÈMES ORTHOGONAUX DE SURFACES. — Voir <i>Géométrie</i> .	

T

TABAC. — Voir <i>Génétique</i> .		THÉORIE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE. — Voir <i>Optique</i> .	
TACHES SOLAIRES. — Voir <i>Soleil</i> .		THERMODYNAMIQUE. — La similitude thermodynamique des turbomachines; par M. Paul Chambadal.	449
TECTONIQUE. — Sur les grandes lignes de la tectonique antéstéphanienne du Massif Central; par M. André Demay.	852	— Voir <i>Hautes températures</i> .	
— Voir <i>Géographie physique, Géologie</i> .		THERMOMÈTRE. — Voir <i>Chaleur (Propagation de la)</i> .	
TÉLÉOSTÉENS. — Un os inconnu des Téléostéens, le postlacrymal. Détermination du jugal; par M. Paul Chabanaud.	569	THYMUS. — Voir <i>Physiologie</i> .	
TÉLÉPHONIE. — Voir <i>Électrotechnique</i> .		THYROÏDE. — Voir <i>Physiologie</i> .	
TEMPÉRATURE. — Voir <i>Colloïdes</i> .		TITANE. — Voir <i>Effet Raman et chimie</i> .	
TEMPÉRATURES TERRESTRES. — Voir <i>Météorologie</i> .		TOPINAMBOUR. — Voir <i>Physiologie végétale</i> .	
TENSEURS. — Sur les tenseurs à dérivées covariantes nulles; par M. Pierre Samuel.	160	TOPOLOGIE. — Sur les variétés intégrables des champs d'éléments de contact complètement intégrales; par M. Georges Reeb.	236
— Sur des représentations planes du tenseur des contraintes dans un milieu continu; par M. André Charrueau.	642	— Définition des structures infinitésimales; par M. Paul Germain.	344
TENSION SUPERFICIELLE. — Voir <i>Capillarité</i> .		TOXICOLOGIE. — Voir <i>Pharmacodynamie</i> .	
TÉRATOLOGIE. — Sur les facteurs de l'achondroplasie; par M. Paul Anceul.	99	TOXINES. — Voir <i>Microbiologie</i> .	
TERRES RARES. — Sur l'isolement du dysprosium métallique; par M. Félix Trombe.	603	TRANSPPOSITIONS MOLÉCULAIRES. — Sur un nouveau cas de transposition moléculaire dans la série phénylhydraacrylique. Formation d'une γ -lactone; par M. Georges Tstatsas.	889
THÉORIE DU POTENTIEL. — Problème de la dérivée oblique dans la théorie du potentiel; par M. Alfred Liénard.	427	— Voir <i>Organomagnésiens</i> .	
		TUBERCULOSE. — Voir <i>Médecine expérimentale</i> .	
		TUNGSTÈNE. — Voir <i>Dilatations</i> .	
		TURBOMACHINES. — Voir <i>Thermodynamique</i> .	
		TURBULENCE. — Voir <i>Aérodynamique, Mécanique des fluides</i> .	

U

ULTRAVIOLET. — Voir <i>Absorption des radiations, Spectroscopie</i> .		URÉE. — Voir <i>Chimie biologique</i> .	
---	--	---	--

V

VALENCE. — Voir <i>Rhénium</i> .		VERS A SOIE. — La rétention, expérimentalement provoquée, dans les tubes de Malpighi entrave la nymphose des chenilles du <i>Bombyx</i> .	
VANADIUM. — Voir <i>Chimie analytique</i> .			
VARIÉTÉS INTÉGRALES. — Voir <i>Topologie</i> .			

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.		Pages.
<i>Mori L.</i> ; par <i>M. Jean-Jacques Bounhiol</i>	64	par la vitamine C activée par les sels de cuivre et de fer; par <i>M. Nicolas Bezssonoff</i> et <i>Mlle Hélène Leroux</i>	709
VERTÉBRÉS. — Voir <i>Anatomie comparée, Chimie biologique, Chimie physiologique</i> .		— Chromatographie et mésomérie : du calciférol au tachystérol; par <i>Mlle Geneviève Thibaudet</i>	751
VESCE. — Voir <i>Printanisation</i> .		— Voir <i>Neurophysiologie, Scorbut</i> .	
VISION. — Voir <i>Ophthalmologie, Optique physiologique</i> .			
VITAMINES. — Les peroxydases formées			

Y

YTHIUM. — Voir *Alliages magnésium-métaux rares*.

Z

ZINC. — Voir *Hydroxyde de zinc, Salicylates*.
 ZOOLOGIE. — Voir *Bactériologie, Isopodes*,

Téléostéens.
 ZOOSPORES. — Voir *Cytologie végétale*.

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

ACADÉMIE. — État de l'Académie au 1 ^{er} janvier 1945.....	5	démie décide, sur la proposition de <i>M. le Président</i> , d'adresser un message à la <i>National Academy of Sciences</i> de Washington.....	541
— <i>M. Charles Maurain</i> , Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1944.....	13	— <i>M. Léon Binet</i> est désigné pour faire une <i>Lecture</i> dans la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1945.....	547
— Allocution prononcée en quittant la Présidence; par <i>M. Charles Maurain</i>	18	— <i>M. le Président</i> signale un déplacement de séance à l'occasion des fêtes de la Pentecôte.....	705
— Allocution prononcée en prenant possession du fauteuil de la Présidence; par <i>M. Maurice Caullery</i> ...	18	— Allocution de <i>M. le Président</i> à l'occasion du « Jour de la Victoire »... — Voir <i>Statistique</i> .	705
— <i>M. le Président</i> signale un déplacement de séance à l'occasion des fêtes de Pâques.....	413	ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE ROUEN. — Adresse des remerciements pour la sympathie exprimée à l'occasion de son deuxième Centenaire.....	159
— A l'occasion de la mort du Président <i>Franklin Delano Roosevelt</i> , l'Aca-		ARRÊTÉS. — Voir <i>Décrets</i> .	

B

	Pages.
BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE. — 188, 346, 508, 704.....	928
BUREAU DES LONGITUDES. — M. Louis de	

	Pages.
Broglie dépose sur le Bureau l'Annuaire pour l'an 1945 publié par le Bureau des Longitudes....	413

C

CANDIDATURES. — M. Maurice Chevassu pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.....	28
— M. Henri Hartmann fait de même....	74
— Liste de candidats à la place vacante dans la Section Médecine et Chirurgie par la mort de M. Charles Achard : en 1 ^{re} ligne, M. Alphonse Baudouin; en 2 ^e ligne, M. Charles Laubry; en 3 ^e ligne, MM. Robert Debré, Noël Fiessinger et Maurice Leoper.....	100
— Id. dans la Section de Minéralogie par la mort de M. Charles Barrois : en 1 ^{re} ligne, M. Albert Michel-Lévy; en 2 ^e ligne, MM. Léon Bertrand, Paul Fallot et Paul Gaubert.....	124
— Id. dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. Antonin Gosset : en 1 ^{re} ligne, M. Henri Hartmann; en 2 ^e ligne, MM. Maurice Chevassu et René Leriche.....	376
— Id. dans la Section de Botanique par la mort de M. Marin Molliard; en 1 ^{re} ligne, M. Joseph Magrou; en 2 ^e ligne, MM. Raoul Combes, Roger Heim, Henri Humbert et Lucien Plantefol.....	672
— M. Paul Fallot pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Lucien Cayeux.....	706
— M. René Barthélemy pose sa candidature à la place vacante dans la Section des Applications de la science à l'industrie par l'annulation de l'élection de M. Georges Claude....	706
— MM. Maurice Chevassu et Clovis Vincent pose leurs candidatures à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. Jean-Louis Faure....	723
— Liste de candidats à la place	

vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. J.-L. Faure : en 1 ^{re} ligne, M. René Leriche; en 2 ^e ligne, MM. Louis Bazy, Maurice Chevassu, Henri Mondor et Clovis Vincent....	800
— Id. dans la Section de Minéralogie par la mort de M. Lucien Cayeux : en 1 ^{re} ligne, M. Paul Fallot; en 2 ^e ligne, MM. Léon Bertrand, André Demay, Jean Orcel, Jean Piveteau et Jean Wyart.....	836
COMMISSIONS ACADÉMIQUES. — MM. É. Borel, Ch. Fabry, L. de Broglie, A. Lacroix, L. Blaringhem, A. Chevalier sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J.-J. Thomson.....	158
— MM. Ch. Fabry, E. Esclançon, G. Julia, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Chevalier sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président dressera la liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. Vito Volterra.....	343
— MM. J. Chazy, J. Pérès, Ch. Jacob, R. Courrier, L. Cuénot, Ch. Camichel sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera la liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419
— MM. Jacques Hadamard, Charles Fabry, Ernest Esclançon, Alfred Lacroix, Louis Blaringhem, Emmanuel de Margerie sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président dressera une liste de candidats à	

	Pages.		Pages.
la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. Tullio Levi- Civita.....	706	gevin, Ch. Mauguin, P. Montel, P. Jolibois, R. Courrier sont dési- gnés pour former avec le Bureau de l'Académie la Commission du prix Le Conte.....	900
COMMISSIONS DE PRIX. — Nomination des commissions de prix.....	206		
— MM. G. Perrier, Ch. Fabry, P. Lan-			

D

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPON- DANTS. — De MM. André Paillot et Maurice Nicloux.....	101	Poussin, en remplacement de M. Edmund Beecher Wilson, et de M. Maurice Lugeon, en remplacement de M. Waldemar Christofer Brög- ger.....	261
— De M. Jules Richard.....	157	Id. de M. Albert Michel-Lévy en remplacement de M. Charles Bar- rois.....	481
— De MM. A. E. H. Love, Alfred Fowler, et Sir Joseph Larmor.....	261	Id. de M. Niels Bohr en remplace- ment de Sir J. J. Thomson.....	577
— De M. Alexandre Guilliermond.....	481	Id. de M. Henri Hartmann en rem- placement de M. Antonin Gosset...	633
— De MM. George D. Birkhoff, Vladimir Vernadsky, et Maurice Arthus...	541	Id. de Sir Charles Sherrington en remplacement de M. Vito Volterra	753
— De M. Frank Schlesinger.....	577	Id. de M. Pol Bouin, en remplace- ment de M. Paul Sabatier, et de M. Joseph Magrou, en remplace- ment de M. Marin Molliard.....	897
— De M. Marc Tiffeneau.....	717		
— De M. Paul Pelseneer.....	719		
DÉCRETS. — Approuvant l'élection de M. Louis Hackspill en remplace- ment de M. Joseph Bethenod.....	22		
— Id. de M. Charles Laubry, en rempla- cement de M. Charles Achard.....	229		
— Id. de M. Charles de La Vallée			

E

ÉLECTIONS DE MEMBRES ET DE CORRES- PONDANTS. — M. Charles Laubry est élu Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplace- ment de M. Charles Achard, décédé.	101	rurgie en remplacement de M. An- tonin Gosset, décédé.....	378
— M. Charles de La Vallée-Poussin est élu Associé étranger en remplace- ment de M. Edmond Beecher Wilson, décédé.....	101	— Sir Charles Sherrington est élu ASSO- cié étranger en remplacement de M. Vito Volterra, décédé.....	511
— M. Maurice Lugeon est élu Associé étranger en remplacement de M. Waldemar Christofer Brögger, décédé.....	101	— M. Pol Bouin est élu Membre non résidant en remplacement de M. Paul Sabatier, décédé.....	579
— M. Albert Michel-Lévy est élu Membre de la Section de Minéralogie, en remplacement de M. Charles Bar- rois, décédé.....	134	— M. Charles Courtot est élu Correspon- dant pour la Section de Chimie en remplacement de Sir William Pope, décédé.....	579
— M. Harold Hardy est élu Correspon- dant pour la Section de Géométrie en remplacement de M. Émile Cot- ton, élu Membre non résidant.....	189	— M. Joseph Magrou est élu Membre de la Section de Botanique, en rem- placement de M. Marin Molliard, décédé.....	676
— M. Niels Bohr est élu Associé étranger en remplacement de Sir J. J. Thom- son, décédé.....	270	— M. Elmer Drew Merrill est élu Corres- pondant pour la Section de Bota- nique en remplacement de M. Sei- tirô Ikeno, décédé.....	676
— M. Henri Hartmann est élu Membre de la Section de Médecine et Chi-		— M. Maurice Bouly de Lesdain est élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. Albert Maïge, décédé.....	706
		— M. René Leriche est élu Membre de la Section de Médecine et Chirurgie	

TABLE DES MATIÈRES.

955

Pages.		Pages.
	en remplacement de M. J.-L. Faure, décédé.....	807
	— M. Léon Bertrand est élu Membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. Lucien Cayeux,	
	décédé.....	842
	— M. Walter Sydney Adams est élu Associé étranger en remplacement de M. Tullio Levi-Civita, décédé...	870
	ERRATA. — 68, 152, 260, 376, 480, 716...	800

F

FONDATION CARNEGIE. — Son Président invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour faire partie de la Commission administrative de cette Fondation, en remplacement de M. Émile Picard, décédé. M. Georges Durand-Viel est désigné...	419	rice de Broglie sont réélus Membres du Conseil de la Fondation Loutreuil pour 1945, 1946, 1947...	761
FONDATION LOUTREUIL. — MM. Robert Bourgeois, Gabriel Bertrand, Mau-		FONDATION VILLEMOT. — Rapports relatifs à des subventions précédemment accordées, par M. Jean Coulomb.....	102
		— Par M. Alfred Leman.....	579

I

INSTITUT DE MÉCANIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES. — MM. Émile Borel, A. Cotton et É. Cartan sont désignés à nouveau pour faire partie du Conseil d'administration de cet Institut.....	378	invite l'Académie à lui présenter une liste de quatre de ses Membres, parmi lesquels deux seront choisis pour faire partie du Conseil de Perfectionnement de cet l'Institut..	74
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — M. le Ministre de l'Agriculture		— MM. Em. Leclainche et A. Chevalier sont désignés.....	134

J

JUBILÉ SCIENTIFIQUE. — Jubilé scientifique de M. Camille Gutton, célébré dans la salle des Congrès du Minis-		tère des P. T. T. le 10 juin 1944 (imp.).....	484
--	--	---	-----

N

NOTICES NÉCROLOGIQUES. — Sur Maurice Nicloux; par M. Maurice Javillier.....	153	— Sur Sir Joseph Larmor; par M. Arnaud Denjoy.....	541
— Sur André Paillot; par M. Louis Lapicque.....	205	— Sur Marc Tiffeneau; par M. Maurice Caullery.....	717
— Sur Augustus Edward Hough Love; par M. Henri Villat.....	293	— Sur George David Birkhoff; par M. Jacques Hadamard.....	719
— Sur Jules Richard; par M. Georges Durand-Viel.....	413	— Sur Paul Pelseneer; par M. Maurice Caullery.....	753
— Sur Alexandre Guilliermond; par M. Maurice Caullery.....	481	— Sur Maurice Arthus; par M. Léon Binet.....	755

O

OBSERVATOIRE DE PARIS. — M. le Ministre de l'Éducation Nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au

poste de Directeur de l'Observatoire de Paris..... 270
— 1° M. André Danjon; 2° M. Armand Lambert lui seront présentés..... 420

P

PLIS CACHETÉS. — Ouverture d'un pli cacheté à la demande de M. An-

Pages.

dré Kling..... 458, 294

Pages.

S

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES. — Adresse à l'Académie, pour la population civile française, plusieurs centaines de kilos de produits pharmaceutiques.

SOLENNITÉS SCIENTIFIQUES. — La Société de pharmacie de Paris et la Société d'Histoire de la Pharmacie invitent l'Académie à se faire représenter à la Commémoration du centenaire de la naissance d'Antoine Balland. MM. Marcel Delépine et Maurice Javillier sont désignés.....

28

— M. le Président est délégué à la Cérémonie qui aura lieu au Champ de Mars, le 16 février, pour le rétablissement sur son socle du buste du Général Ferrié.....

73

— M. Robert Courrier est délégué à la

206

Semaine médicale franco-suisse, qui sera organisée cet automne, à Genève, par l'Académie Suisse des Sciences médicales, à Bâle.....

547

— La Société d'Émulation du Bourbonnais adresse le texte du discours prononcé en son nom par M. Marcel Genermont, à Moulins-sur-Allier le 8 avril 1945, pour la remise en place du monument Aimé Laussedat.....

547

— L'Académie des Sciences de l'Union des Républiques Soviétiques Socialistes invite l'Académie à déléguer un de ses Membres aux Cérémonies qui auront lieu à Moscou et Lénin-grad, à l'occasion du deux-cent-vingtième anniversaire de sa fondation. M. Maurice Caullery est désigné.....

761

TABLE DES AUTEURS.

A

MM.	Pages.	MM.	Pages.
ABADIE (FRANÇOIS). — Contribution à l'hydrolyse des celluloses du bois..	409	bordures SE et NE du Bassin d'Alès (Gard).....	501
ABELÉ (JEAN). — Définition cinématique des oscillations de relaxation.	511	ALLAIS (ANDRÉ). — Union labile de l'oxygène au carbone. Étude de la photooxydation du diméthyl-amino-1 diphenyl-9.10 anthracène.	202
ABELOOS (MARCEL). — Évolution par variation du nombre des <i>phases de croissance</i> chez les Mollusques Limaciens.....	62	AMIARD (GASTON). — Voir <i>Dufraisie</i> (Charles) et Gaston Amiard.....	695
ABELOOS (MARCEL) et YANNICK CHANU. — Sur les lois de la croissance de l'Hémiptère <i>Pyrrhocoris apterus</i> L.....	794	AMIEL (JEAN), Mlle MICHELINE GOURDONNEAU et M. RENÉ VAUTHIER. — Contribution à l'étude des sulfates ferriques.....	402
ABRARD (RENÉ). — Développements aberrants chez des Nummulites... ..	786	ANCEL (PAUL). — Sur les facteurs de l'achondroplasie.....	99
ACADÉMIE DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS DE ROUEN. — Adresse des remerciements pour la sympathie exprimée à l'occasion de la célébration de son deuxième Centenaire..	159	ANCOCHEA (GERMÁN). — Sur l'équivalence de trois propositions de la théorie analytique des polynômes..	579
ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'UNION DES RÉPUBLIQUES SOVIÉTIQUES SOCIALISTES. — Invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour la représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Moscou et Léninegrad, entre les 15 et 28 juin 1945, à l'occasion du deux-cent-vingtième anniversaire de sa fondation. M. Maurice Caullery est désigné.....	761	APÉRY (ROGER). — Sur certains caractères numériques d'un idéal sans composant impropre.....	234
ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES MÉDICALES. — Organise une semaine médicale franco-suisse, en automne 1945, à Genève, M. Robert Courrier y est délégué....	547	— Sur les courbes de première espèce de l'espace à trois dimensions.....	271
ACHARD (CHARLES). — Son remplacement dans la Section de Médecine et Chirurgie.....	100, 101, 229	ARNOUS (EDMOND). — La fonction caractéristique quantique et la méthode des perturbations.....	348
ADAMS (WALTER SYDNEY). — Élu Associé étranger en remplacement de M. Tullio Levi-Civita, décédé...	870	— La fonction caractéristique quantique et les méthodes d'approximation du genre <i>champ self consistent</i> .	440
AGALÈDE (HENRY). — Mouvements d'âge crétacé supérieur sur les		ARRAGON (GEORGES), JEAN MAINIL, ROBERT REFAIT et HENRI VELU — Dissociation d' <i>Eremothecium Ashbyi</i> Guilliermond.....	65
		ARTHUS (MAURICE). — M. Maurice Caullery annonce sa mort.....	541
		— Notice nécrologique, par M. Léon Binet.....	755
		AUBERT (GEORGES) et STÉPHANE HÉNIN. — Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols.....	330
		AUNIS (GABRIEL). — Voir Muraour (Henri) et Gabriel Aunis.....	198
		AZAMBUJA (LUCIEN d ¹) et M ^{me} LUCIEN	

MM	Pages.	MM.	Pages.
d'AZAMBUJA. — Sur une connexion possible entre la formation des taches et celle des protubérances solaires.....	874	tion des taches solaires et celui des protubérances.....	901
— Sur la différence entre le ralentissement polaire de la vitesse de rota-		AZAMBUJA (M ^{me} LUCIEN d'), née MARGUERITE ROUMENS. — Voir <i>Azambuja (Lucien d')</i> et M ^{me} Lucien d'Azambuja.....	874, 901
B			
BACCHUS (PIERRE) et ALFRED KASTLER. — Facteurs de dépolarisation des raies Raman correspondant aux vibrations totalsymétriques des ions CO_3^{--} et NO_3^-	398	— Quelques conséquences mécaniques de l'équation de structure d'un corpuscule aléatoire.....	272
BAGET (JEAN). — Voir <i>Dufraisie (Charles)</i> et <i>Jean Baget</i>	47, 148	BASS (JEAN), GEORGES DEDEBANT et PHILIPPE WEHRLÉ. — Sur la connexion aléatoire d'un fluide. Application à la turbulence.....	165
BALLAND (ANTOINE). — Commémoration du Centenaire de sa naissance, à la Faculté de Pharmacie, le 7 février 1945.....	73	BASTIEN (PAUL). — Sur le chargement en hydrogène par électrolyse ou par attaque à l'acide de l'acier extra-doux recuit.....	820
BALOZET (LUCIEN). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943....	579	— Relation entre l'évolution en fonction du temps de la fragilité due à l'hydrogène et la perméabilité à ce gaz de l'acier extra-doux.....	883
BARDET (JACQUES). — Voir <i>Trombe (Félix)</i> , <i>Marc Foëx</i> et <i>Jacques Bardet</i>	691	BAUDART (PIERRE). — Synthèse totale de quelques acides gras monoéthyléniques à chaîne normale....	404
BARGETON (DANIEL). — Voir <i>Binet (Léon)</i> , <i>Daniel Bargeton</i> et <i>Claude Laroche</i>	840	BAUDOUIN (ALPHONSE). — Présenté en première ligne pour la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Charles Achard</i>	100
BARGETON (M ^{me} DANIEL), née EDITH FARKAS. — Voir <i>Ramon (Gaston)</i> et <i>divers</i>	635	— Obtient des suffrages.....	101
BARGETON (M ^{lle} MARIE). — Sur la teneur en glycogène des diverticules digestifs de l'Huitre.....	623	BAZIN (M ^{lle} SUZANNE). — Influence des anions sur la pénétration de diverses substances basiques dans la cellule végétale.....	183
BARRILLON (ÉMILE-GEORGES). — Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207	BAZY (LOUIS). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Jean-Louis Faure</i>	800
— Id. du prix Plumey.....	207	BELVAL (HENRI) et M ^{lle} SIMONE LEMOYNE. — Structure et composition glucidique des tubercules de Topinambour.....	58
— Id. des prix Charles Dupin, Alexandre Darracq, Marie-Guido Triossi des Sciences physiques.....	209	BENGY-PUYVALLÉE (RENAUD DE). — Sur les règles de composabilité dans les logiques de la complémentarité de M ^{me} Destouches-Février.....	589
BARROIS (CHARLES). — Son remplacement dans la Section de Minéralogie.....	124, 134, 481	BENNETON (GASTON). — Sur les configurations harmoniques.....	548
BARTHELEMY (RENÉ). — Nouvel henrymètre à lecture directe.....	242	— Sur les configurations de Kummer et de Klein.....	640
— Pose sa candidature à la place vacante dans la Section des Applications de la science à l'industrie par l'annulation de l'élection de M. <i>Georges Claude</i>	706		
BASS (JEAN). — Sur la structure des fonctions aléatoires.....	190		

TABLE DES AUTEURS.

959

MM.	Pages.	MM.	Pages.
BERGOUNIOUX (FRÉDÉRIC-MARIE) et M ^{lle} JEANNE DOUBINGER. — Observations sur la structure microscopique des houilles du bassin de Bertholène (Aveyron).....	609	— Id. du prix Parkin.....	208
BERLAND (LUCIEN). — Les Scorpions (imp.).....	842	— Id. des prix Lonchamp, Henry Wilde, Marquet, Général Muteau des sciences physiques, Laura Mounier de Saridakis.....	209
BERNARD (PIERRE). — Variation, au cours du cycle solaire, de l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres.....	179	— Membre du Conseil de la Fondation Loutreuil, pour 1945, 1946, 1947.	761
— Répartition des éruptions solaires en relation avec les orages magnétiques.....	506	BERTRAND (GABRIEL) et DIDIER BERTRAND. — Présence générale du rubidium chez les animaux.....	25
BERTAUD (CHARLES). — Magnitude absolue des novæ galactiques.....	136	BERTRAND (GABRIEL) et JEAN DELGÂ. — Sur le mécanisme de la fabrication du papier de paille par macération.....	805
BERTAUT (FÉLIX). — Sur la validité du théorème d'Ehrenfest en mécanique ondulatoire de Dirac.....	105	BERTRAND (GABRIEL) et MAURICE LEMOIGNE. — Épuration microbienne sélective du lait par de petites doses de trichloronitrométhane.....	721
BERTEIN (FRANÇOIS). — Remarques sur le mécanisme du polissage électrolytique et sur ses irrégularités dans le cas où existe une couche anodique visqueuse.....	684	BERTRAND (LÉON). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Charles Barrois.	124
BERTHIER (M ^{lle} PAULETTE). — Voir <i>Boutaric (Augustin)</i> et M ^{lle} Paulette Berthier.....	730	— Obtient des suffrages.....	134
BERTON (ALAIN). — Étude de la précipitation d'hydroxydes, d'hydrates d'oxydes et de sels basiques.	693	— Présenté en seconde ligne pour le remplacement de M. Lucien Cayeux.....	836
BERTRAND (DIDIER). — Sur le phénomène de concentration des solutions fluorescentes.....	525	— Élu.....	842
— Nouvelle théorie de la fluorescence des substances organiques.....	654	BERTRAND (PAUL). — Voir <i>Emberger (Louis)</i>	548
— Voir <i>Bertrand (Gabriel)</i> et <i>Didier Bertrand</i>	25	BESSON (JEAN). — Sur l'oxyde de nickel trivalent Ni^2O^3	320
BERTRAND (GABRIEL). — Le potassium dans l'eau de pluie.....	865	BETHENOD (JOSEPH). — Son remplacement parmi les Académiciens libres.....	23
— Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207	BEZSSONOFF (NICOLAS) et M ^{lle} HÉLÈNE LEROUX. — Les peroxydases formées par la vitamine C activée par les sels de cuivre et de fer.....	709
— Id. des prix Montagne, de Coincy, Carrière de botanique.....	207	BIGET (M ^{lle} ANNE-MARIE). — Voir <i>Duclaux (Jacques)</i> et M ^{lle} Anne-Marie Biget.....	801
— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac.....	207	BIGOT (ALEXANDRE). — Adresse des remerciements pour l'attribution qui lui a été faite du prix Albert Ier de Monaco.....	134
— Id. des fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, M ^{me} Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.....	208	BINET (LÉON). — Notice nécrologique sur <i>Maurice Arthus</i>	755
		— Membre de la Commission des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret..	207
		— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
		— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208
		— Id. des prix Lallemant, Parkin.....	208

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. du prix Marie-Guido Triossi des sciences physiques.....	209	son, décédé.....	270
— Désigné pour faire une Lecture dans la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1945.	547	— Son élection est approuvée.....	577
BINET (LÉON), DANIEL, BARGETON et CLAUDE LAROCHE. — Influence défatigante de l'inhalation des mélanges riches en oxygène....	840	BOREL (ÉMILE). — Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J. J. Thomson.....	158
BIRKHOFF (GEORGE DAVID). — M. Maurice Caullery annonce sa mort.	541	— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
— Notice nécrologique, par M. Jacques Hadamard.....	719	— Id. des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perin.....	206
BLANC (EUGÈNE). — Correspondance entre les frontières d'un ensemble et de son R-adjoint. Ensembles R-complémentaires.....	74	— Id. du prix Plumey.....	207
— Sur les domaines plans appuyables....	238	— Id. des prix Montyon de statistique, Binoux d'histoire et philosophie des sciences, Henri de Parville d'ouvrages de sciences, Bordin, Petit d'Ormoy, Saintour des sciences mathématiques.....	208
BLANC-LAPIERRE (ANDRÉ). — Les fonctions aléatoires stationnaires laplaciennes.....	378	— Id. des prix Henry Wilde, Charles Dupin.....	209
BLANC-LAPIERRE (ANDRÉ) et ROGER BRARD. — La loi forte des grands nombres pour les fonctions aléatoires stationnaires continues.....	134	— Membre du Conseil d'administration de l'Institut de mécanique de la Faculté des sciences.....	378
BLARINGHEM (LOUIS). — Remarques au sujet de la Note de M. Clément : Sur une forme nouvelle d'orge à deux rangs.....	61	BORY (CHARLES). — Voir Camichel (Charles) et Charles Bory.....	418
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J. J. Thomson..	158	BOSC (MARCEL). — Cytologie des zoospores de <i>Plasmopara viticola</i> Berl. et de Toni.....	407
— Membre de la Commission des prix Montagne, de Coincy, Carrière de botanique.....	207	BOUCHET (PIERRE-JEAN). — Voir Chevenard (Pierre) et Pierre-Jean Bouchet.....	774
— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac....	207	BOUHET (CHARLES) et M ^{lle} MARTHE HUOT DE LONGCHAMP. — Mesure des facteurs de transmission et de réflexion sous l'incidence normale.....	653
— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207	BOUIN (POL). — Élu Membre non résidant en remplacement de M. Paul Sabatier, décédé.....	579
— Id. du prix Montyon de statistique....	208	— Adresse ses remerciements.....	706
— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208	— Son élection est approuvée.....	897
— Id. du prix Jules Mahyer.....	209	BOULIGAND (GEORGES). — Fait hommage de son Ouvrage « Les aspects intuitifs de la mathématique »....	378
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. Vito Volterra.....	343	BOULY DE LESDAIN (MAURICE). — Élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. Albert Maige, décédé.....	706
— Id. par la mort de M. Tullio Levi-Civita.....	706	BOUNHIOL (JEAN-JACQUES). — La rétention, expérimentalement provoquée, dans les tubes de Malpighi entrave la nymphose des chenilles du <i>Bombyx Mori</i> L.....	64
BLOCH (LÉON). — Remarques sur la nouvelle théorie de la lumière.....	109	BOURGEOIS (ROBERT). — Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207
— Sur une identité de la théorie du photon.....	240		
BOH (GEORGES). — Voir Chrétien (André) et Georges Boh.....	822		
BOHR (NIELS). — Élu Associé étranger en remplacement de Sir J. J. Thom-			

TABLE DES AUTEURS.

961

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. du prix Plumey.....	207	BROGGER (WALDEMAR CHRISTOFER). —	
— Id. des fondations Trémont, Gegner,		Son remplacement parmi les Asso-	
Hirn, Charles-Louis de Saulses de		ciés étrangers.....	101, 261
Freycinet, Henri Becquerel,		BROGLIE (LOUIS DE). — Fait hom-	
M ^{me} Victor Noury, fonds des		magé de son Ouvrage « Ondes,	
Laboratoires, fondations Charles		Corpuscules, Mécanique ondu-	
de Mosenthal, Giffard, Lannelon-		latoire ».....	413
gue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury,		— Id. du tome II de son Ouvrage « De	
Gibou, Alexandre Darraçq, Girbal-		la Mécanique ondulatoire à la théo-	
Baral, Leroy-Drouault, Octave		rie du noyau ».....	801
Mirbeau.....	208		
— Membre du Conseil de la Fondation		— Membre de la Commission chargée	
Loutreuil pour 1945, 1946, 1947...	761	de dresser une liste de candidats	
BOUROT (JOSEPH). — Sur la représen-		à la place d'Associé étranger va-	
tation analytique des lames déver-		cante par la mort de Sir J.J. Thom-	
santes.....	728	son.....	158
BOUTARIC (AUGUSTIN) et M ^{lle} PAU-		— Membre de la Commission des prix	
LETTE BERTHIER. — Formule		Carrière de mathématiques, Victor	
traduisant la diminution de ten-		Thébault.....	206
sion superficielle de certaines solu-		— Id. des prix Montyon, Henri de	
tions en fonction du temps.....	730	Parville de mécanique, Pierson-	
BOUTARIC (AUGUSTIN) et M ^{lle} MARIE-		Perrin.....	206
AGNÈS HIRTZ. — Dépolarisation		— Id. du prix Lalande.....	207
longitudinale de la lumière par les		— Id. des prix Gay, fondation Tchihat-	
suspensions grossières.....	309	chef, prix Binoux de géographie...	207
BOUVAIST (ROBERT) et VICTOR THÉ-		— Id. du prix Plumey.....	207
BAULT. — Applications des déter-		— Id. des prix François Hébert, Henri	
minants à la géométrie du tétra-		de Parville de physique, Hughes,	
èdre.....	32	Paul Marguerite de La Charlonie	
BRACONNIER (JEAN). — Groupes		de physique, fondation Clément	
d'automorphismes d'un groupe		Félix.....	207
localement compact.....	382	— Id. des prix Montyon de statistique,	
BRARD (ROGER). — Voir <i>Blanc-</i>		Binoux d'histoire et philosophie	
<i>Lapierre (André) et Roger Brard...</i>	134	des sciences, Henri de Parville	
BRAUN (ALEXANDRE). — L'expression		d'ouvrages de sciences.....	208
du frottement tangentiel dans les		— Id. des médailles Lavoisier, Berthe-	
fluides visqueux en période		lot, Henri Poincaré.....	208
d'échauffement ou de refroidisse-		— Id. des fondations Trémont, Gegner,	
ment.....	78	Hirn, Charles-Louis de Saulses de	
— Comparaison des efforts tangentiels		Freycinet, Henri Becquerel,	
en fonction des flux de chaleur en		M ^{me} Victor Noury, fonds des Labo-	
divers régimes d'écoulement.....	384	ratoires, fondations Charles de	
BRELOT (MARCEL). — Sur l'allure des		Mosenthal, Giffard, Lannelongue,	
fonctions harmoniques à la fron-		Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gi-	
tière.....	676	bou, Alexandre Darraçq, Girbal-	
BRICOUT (PIERRE). — Représentation		Baral, Leroy-Drouault, Octave-	
mathématique des cycles d'hys-		Mirbeau.....	208
teresis.....	244	— Id. des prix Bordin, Petit d'Ormoy	
BRILLOUIN (MARCEL). — Membre de		des sciences mathématiques, Le	
la Commission des prix François		Conte.....	208
Hébert, Henri de Parville de phy-		— Id. des prix Saintour des sciences	
sique, Hughes, Paul Marguerite de		mathématiques, Henry Wilde,	
La Charlonie de physique, fonda-		Charles Dupin, Alexandre Dar-	
tion Clément-Félix.....	207	racq, Laura Mounier de Saridakis,	
BROCHARD (JEAN), PIERRE JAC-		fondation Villemot.....	209
QUINOT et PHILIPPE PLUVI-		— Dépose sur le Bureau l'« Annuaire	
NAGE. — Sur l'effet Zeeman des		pour l'an 1945 » publié par le	
raies interdites de l'hélium. Rôle		Bureau des Longitudes.....	413
des champs électriques interato-		— Id. une brochure « Jubilé scienti-	
riques.....	38, 311	fique de M. Camille Gutton, célébré	

MM.	Pages.	MM.	Pages.
dans la salle des Congrès du Ministère des P. T. T. de 10 juin 1944 »...	484	tuelle du Batracien <i>Xenopus laevis</i> dans la lutte contre les larves de Moustiques : interactions diverses à prévoir.....	923
— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	900	BRUN (EDMOND) et ROBERT CARON. — Erreurs dans les mesures hygrométriques à bord d'avions rapides.	613
BROGLIE (MAURICE DE). — Membre de la Commission du prix Plumey...	207	BUREAU DES LONGITUDES. — Annuaire pour l'an 1945 (imp.)...	413
— Id. des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément Félix.....	207	BUSNEL (RENÉ-GUY), ANDRÉ PELOU et MICHEL POLONOVSKI. — Rôle d'un fluorescénine-ferment dans la respiration cellulaire des Vertébrés inférieurs.....	185
— Id. du prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences.....	208	BUVAT (ROGER). — Voir <i>Plantefol</i> (Lucien) et Roger Buvat.....	614
— Membre du Conseil de la Fondation Loutreuil pour 1945, 1946, 1947...	761		
BRUMPT (ÉMILE). — Utilisation éven-			

C

CABRERA (NICOLAS). — Sur l'oxydation de l'aluminium.....	111	— Membre de la Commission des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.....	206
CAGNIANT (PAUL). — Voir <i>Hot</i> (Buu) et <i>Paul Cagniant</i>	326, 744	— Id. du prix Plumey.....	207
CAILLAUD (JEAN). — Tensions internes dans les tubes en acier centrifugé.....	776	— Id. du prix Alexandre Darracq.....	209
CALAS (RAYMOND). — Amino-alcools à noyau naphthalénique. Influence du noyau sur la structure spatiale des substituants dans la chaîne latérale.....	49	CARNEGIE [FONDATION]. — Son Président invite l'Académie à désigner un de ses Membres pour faire partie de la Commission administrative de cette Fondation, en remplacement de M. <i>Émile Picard</i> , décédé. M. <i>Georges Durand-Viel</i> est désigné.....	419
CALVET (ÉDOUARD). — Nouvelle méthode d'étude de la diffusion dans les liquides. Mesure des coefficients de diffusion.....	597	CARON (ROBERT). — Voir <i>Brun</i> (Edmond) et <i>Robert Caron</i>	613
— Voir <i>Prat</i> (Henri) et <i>Édouard Calvet</i>	117, 226, 470	CARRIÈRE (PIERRE). — Contribution à l'étude des écoulements de révolution par la méthode de G. Darricus.....	346
CALVET (ÉDOUARD); JEAN FRICKER et HENRI PRAT. — Mesure de la thermogénèse des Bactéries.....	797	CARTAN (ÉLIE). — Notice nécrologique sur <i>Alexandre Guilloiermond</i>	481
CAMICHEL (CHARLES). — Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. <i>Paul Sabatier</i>	419	— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
CAMICHEL (CHARLES) et CHARLES BORY. — Note sur l'orientation des veines liquides en régime transitoire.....	418	— Id. des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.	206
CANAL (HENRI). — Voir <i>Goris</i> (Albert) et <i>Henri Canal</i>	790, 925	— Id. du prix Montyon de statistique...	208
CAQUOT (ALBERT). — Observations sur la Note de M. <i>Robert Lévi</i> : Étude générale du flambement des arcs.....	438	— Id. du prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences.....	208
		— Id. des médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.....	208
		— Id. des fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, M ^{me} Victor Noury, fonds des Labo-	

TABLE DES AUTEURS.

963

MM.	Pages.	MM.	Pages.
ratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.....	208	Pouchard.....	207
— Id. des prix Bordin, Petit d'Ormoys des sciences mathématiques, Le Conte.....	208	— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207
— Id. des prix Saintour des sciences mathématiques, Charles Dupin, fondation Villemot.....	209	— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
— Membre du Conseil d'administration de l'Institut de mécanique de la Faculté des sciences.....	378	— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208
— Annonce la mort de M. <i>Alexandre Guillaumond</i>	481	— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208
— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	900	— Id. du prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences.....	208
CASTAN (RENÉ). — Inhibition temporaire du développement d'un bourgeon axillaire due à la présence d'un moignon de tige surmontant ce bourgeon.....	788	— Id. des médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.....	208
CAUJOLLE (FERNAND), CLAUDE FRANCK et ROBERT GRAND-PIERRE. — Mécanisme de l'action pharmaco-dynamique du chlorure de cobalt.....	625	— Id. des fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.....	208
CAULLERY (MAURICE). — Variation de l'âge académique moyen au cours du dernier demi-siècle (1895-1945) et comparaison avec l'année 1845.....	23	— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208
— Notice nécrologique sur <i>Marc Tiffeneau</i>	717	— Id. des prix Lallemand, Le Conte, Parkin.....	208
— Notice nécrologique sur <i>Paul Pelse-neer</i>	753	— Id. des prix Jules Mahyer, Lonchampt, Marquet, Général Muteau, fondations Aimé Berthé des sciences physiques, Villemot.....	209
— Allocution prononcée en prenant possession du fauteuil de la Présidence.....	18	— Annonce la mort de MM. <i>A. E. H. Love, Alfred Fowler</i> et de Sir <i>Joseph Larmor</i>	261
— Annonce la mort de MM. <i>André Paillot</i> et <i>Maurice Nicloux</i>	101	— Président de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Vito Volterra</i>	343
— Id. de M. <i>Jules Richard</i>	157	— Signale un déplacement de séance à l'occasion des fêtes de Pâques.....	413
— Président de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir <i>J. J. Thomson</i>	158	— Président de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. <i>Paul Sabatier</i>	419
— Délégué à la Cérémonie qui aura lieu au Champ de Mars, le 16 février, pour le rétablissement sur son socle du buste du Général <i>Ferrié</i>	206	— Annonce la mort de MM. <i>George D. Birkhoff, Vladimir Vernadsky, Maurice Arthus</i>	541
— Membre de la Commission des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	— Id. de M. <i>Frank Schlesinger</i>	577
— Id. des fondation Savigny, prix		— Signale un déplacement de séance à l'occasion des fêtes de la Pentecôte.....	705
		— Allocution à l'occasion du « Jour de la Victoire ».....	705
		— Président de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Tullio Levi-Civita</i>	706

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Annonce la mort de M. Marc Tiffeneau.....	717	CHANSON (PAUL). — Voir Magnan (Claude), Paul Chanson et André Ertaud.....	770
— Id. de M. Paul Pelseneer.....	719	CHANU (YANNICK). — Voir Abeloos (Marcel) et Yannick Chanu.....	794
— Délégué aux cérémonies qui auront lieu à Moscou et Leningrad entre les 15 et 28 juin 1945 à l'occasion du deux-cent-vingtième anniversaire de la fondation de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S.....	761	CHARMETANT (CLAUDE) et RENÉ PARIS. — Sur l'électrolyse de quelques chlorures métalliques dans les alcools méthylique et éthylique.....	314
— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	900	CHARRUEAU (ANDRÉ). — Sur des représentations planes du tenseur des contraintes dans un milieu continu.....	642
— Voir Roosevelt (Franklin Delano)....	541	CHATEAU (MARCEL) et PIERRE MICHEL. — Sur la possibilité de faire un dosage photocolorimétrique; en particulier dans une solution déjà colorée.....	848
CAUQUIL (M ^{lle} GERMAINE), M ^{lle} ANNIE DELAY et M. JEAN LECOMTE. — Étude des spectres de vibration de quelques cyclanones.....	879	CHAUCHARD (M ^{me} ALBERT), née BERTHE MAZOUÉ et M. PAUL CHAUCHARD. — Libération de médiateur chimique sympathique par action électrique sur les centres médullaires et les ganglions.....	702
CAYEUX (LUCIEN). — Son remplacement dans la Section de Minéralogie.....	706, 836, 842	CHAUCHARD (PAUL). — Voir Chauchard (M ^{me} Albert) et M. Paul Chauchard.....	702
CHABANAUD (PAUL). — Un os inconnu des Téléostéens, le postlacrymal. Détermination du jugal....	569	— Voir Lecoq (Raoul), Paul Chauchard et M ^{me} Henriette Mazoué.....	631, 860
CHABRIER (PIERRE) et LOUIS PALLU. — Sur quelques dérivés de l'isothiosemicarbazide : les hydrazinothiazolinones.....	363	CHAZY (JEAN). — Voir Fayet (Gaston), Jean Chazy et Joseph Pères.....	577
CHABRIER (PIERRE) et M ^{lle} BIANCA TCHOUBAR. — Sur quelques hydantoïnes thiophéniques.....	284	— Membre de la Commission du prix Lalonde.....	207
— Influence de la position (α ou β) sur les propriétés des groupements fonctionnels dans le noyau thiophénique. Passage des oximes aux amines.....	780	— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208
CHADEFAUD (MARIUS). — Caractères cytologiques remarquables d'une Spirogyre.....	463	— Id. du prix Charles Dupin.....	209
CHAIGNEAU (MARCEL). — Pyrogénéation dans le vide des salicylates de zinc, de cadmium, de cuivre et de fer bivalent.....	91	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419
CHAMBADAL (PAUL). — La similitude thermodynamique des turbomachines.....	449	CHESSÉ (GEORGES). — Voir Dubrissay (René) et Georges Chessé.....	707
CHAMINADE (M ^{lle} COLETTE). — Voir Vavon (Gustave), M ^{lle} Colette Chaminaide et M. Georges Quesnel.....	850	CHEVALIER (AUGUSTE). — Sur la culture au Soudan français du Karité ou Arbre à beurre (<i>Butyrospermum Parkii</i>) et de l'Arbre à Kapok ou Boumou (<i>Bombax angulicarpa</i>).....	415
CHAMPEIX (ROBERT). — Sur un procédé nouveau de mesure de l'intensité du courant de saturation d'une cathode à oxydes.....	736	— Le Kapoquier soudanais (<i>Bombax angulicarpum</i>) et les espèces voisines.....	509
CHAMPETIER (GEORGES) et JEAN PETIT. — Sur la polymérisation thermique de l'huile de Lin.....	748	— Le genre <i>Nienokuea</i> Chev. L'association symbiotique entre une Cypéracée et une Orchidée, spéciale aux tourbières de rochers de l'Ouest africain.....	633
CHAMPETIER (GEORGES) et M ^{lle} KLAUDIA SMARZEWSKA. — Action du chlorure ferrique sur les dérivés organomagnésiens du para-dibromobenzène et du p.p'-dibromobiphényle.....	891		

TABLE DES AUTEURS.

965

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Désigné pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'Institut National agronomique.....	134	genre <i>Mycobacterium</i>	150
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J. J. Thomson...	158	CHOUBERT (GEORGES). — Les granites précambriens de l'Anti-Atlas.....	289
— Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207	— Les serpentines de l'Anti-Atlas.....	332
— Id. des prix Montagne, de Coincy, Carrière de botanique.....	207	— Découverte d'organismes calcaires dans le Précambrien de l'Anti-Atlas.....	561
— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac...	207	CHRÉTIEN (ANDRÉ) et GEORGES BOH. — Le nitrate d'acétyle, agent de synthèse pour la préparation des nitrates minéraux anhydres.....	822
— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208	CHRÉTIEN (ANDRÉ) et YVES LONGI. — Sur la préparation des azotites organiques au moyen de l'hydrolyse de l'azotite d'aluminium.....	746
— Id. des prix Jules Mahyer, Lonchamp, Marquet, Général Muteau, Marie-Guido Triossi, fondation Aimé Berthé des sciences physiques.....	209	CLAUDE (GEORGES). — Son remplacement dans la Section des Applications de la science à l'industrie....	706
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. Vito Volterra....	343	CLÉMENCET (CHARLES). — Sur une forme nouvelle d'Orge à deux rangs.....	59
CHEVASSU (MAURICE). — Pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.....	28	— Remarque de M. Louis Blarínghem au sujet de cette Note.....	61
— Présenté en seconde ligne pour le remplacement de M. Antonin Gosset.....	376	COHEN (GEORGES). — Sur l'action oxydante de l'hydrosulfite de sodium sur l'indole.....	708
— Obtient des suffrages.....	378	— Sur le premier produit de transformation de l'adrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline.....	796
— Pose sa candidature à la place vacante dans la section de Médecine et Chirurgie par la mort de M. Jean-Louis Faure.....	723	— Sur le sort de l'oxoadrénochrome au cours de la mélanisation de l'adrénaline.....	927
— Présenté en seconde ligne.....	800	COLOMBIER (LOUIS). — Sur l'influence de très petites quantités de soufre sur la qualité de l'acier...	886
— Obtient des suffrages.....	807	COLONGE (JEAN) et PIERRE DUMONT. — Synthèse et cyclisation de l'artémisiacétone.....	500
CHEVENARD (PIERRE) et PIERRE-JEAN BOUCHET. — Sur l'anomalie dilatométrique et l'anomalie thermoélastique de l'invar japonais.....	774	COMBES (RAOUL). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Botanique, par la mort de M. Marin Molliard.	672
CHEVENARD (PIERRE), CHARLES CRUSSARD et JOSEPH PERRIER. — Microsondage élastique d'une pièce anisotrope. Application à un barreau d'invar tréfilé...	678	— Obtient des suffrages.....	676
CHEYMOL (JEAN). — Voir Hazard (René), Mlle Elisabeth Corteggiani et M. Jean Cheymol.....	627	COMITÉ D'ACTION POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UN SANATORIUM À LEYSIN. — Projet d'un Sanatorium universitaire international à Leysin (Suisse) (imp.)...	420
CHOLLET (Mlle MARIE-MADELEINE). — De la présence de stachyose dans deux espèces du genre <i>Scrophularia</i>	334	COMSA (JEAN). — Rôle de la thyroïde dans la genèse de la créatinurie thymiprive chez le Cobaye.....	227
CHOLLEY (ANDRÉ) et LUCIEN FIRMIN. — Conditions tectoniques du tracé de la Basse-Seine.....	921	CORDIER (PAUL). — Sur un mode de préparation du nitrile β -phénylpropionique.....	177
CHORINE (VITAL). — Action de l'amide nicotinique sur les bacilles du		CORTEGGIANI (Mlle ÉLISABETH). — Voir Hazard (René); Mlle Elisabeth Corteggiani et Jean Cheymol.....	627
		COTTON (AIMÉ). — Membre de la Commission du prix Lalande.....	207

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. des prix François Hébert, Henri de Parvillé de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément Félix.....	207	siques.....	209
— Id. des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419
— Id. du prix Bordin des sciences mathématiques.....	208	— Délégué à la Semaine médicale franco-suisse, organisée en automne 1945, à Genève, par l'Académie Suisse des Sciences médicales, à Bâle.....	547
— Id. des prix Saintour des sciences mathématiques, Henry Wilde.....	209	— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	900
— Membre du Conseil d'administration de l'Institut de mécanique de la Faculté des sciences.....	378	COURTOT (CHARLES). — Élu correspondant pour la Section de Chimie en remplacement de Sir William Pope, décédé.....	579
COTTON (AIMÉ) et PIERRE MANIGAULT. — <i>Erratum</i> relatif à une précédente communication (t. 219, 1944, p. 598).....	480	COUTEAUX (RENÉ). — Mise en évidence des limites du sarcoplasme au niveau de la synapse myoneurale.....	567
COTTON (ÉMILE). — Son remplacement parmi les correspondants pour la Section de Géométrie.....	189	COUTURE (M ^{lle} LUCIENNE). — Spectres de vibration des carbonates orthorhombiques naturels : Étude expérimentale de la cérusite.....	87
COUDERC (PAUL). — Sur les étoiles doubles de la Carte du Ciel.....	192	— Étude expérimentale du nitre.....	656
COULOMB (JEAN). — Adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention Villemot accordée en 1944.....	102	CRUSSARD (CHARLES). — Voir Chevenard (Pierre), Charles Crussard et Joseph Perrier.....	678
COURRIER (ROBERT). — Membre de la Commission des fondations Savigny, prix Pouchard.....	207	CUÉNOT (LUCIEN). — Membre de la Commission des fondations Savigny, prix Pouchard.....	207
— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419
— Id. des prix Jules Mahyer, Laura Mounier de Saridakis, Marie-Guido Triossi des sciences phy-			

D

DAGBERT (MAURICE). — Voir Fayet (Gaston), Jean Chazy et Joseph Pérès.....	577	<i>Elodeæ</i> nov. gen., nov. sp.).....	181
DANGEARD (PIERRE-AUGUSTIN). — Membre de la Commission des prix Montagne, de Coincy, Carrière de botanique.....	207	DANJON (ANDRÉ). — Présenté en première ligne pour le poste de Directeur de l'Observatoire de Paris.....	420
— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208	DANZAS (M ^{lle} ÉLIANE). — Voir Roche (Jean), Nguyen van Thoi et M ^{lle} Eliane Danzas.....	895
— Id. des prix Jules Mahyer, Marquet des sciences physiques, fondation Millet-Ronssin.....	209	DAUDEL (RAYMOND). — Voir Martin (M ^{lle} Monique) et M. Raymond Daudel.....	659
DANGEARD (PIERRE). — Sur un genre nouveau de Chlorophycées épiphyte d'eau douce (<i>Ectogerron</i>		DAUDEL (RAYMOND) et M ^{me} ALBERTE PULLMAN. — Sur la détermination du nombre des structures électromères possédant une même liaison inefficace.....	599

TABLE DES AUTEURS.

967

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Sur le calcul de la répartition du nuage électronique dans les molécules aromatiques.....	888	(imp.).....	548
DAUDEL (M ^{me} RAYMOND), née PASCALE SALZEDO. — Sur le micro-radiodosage de l'argent.....	658	DELOURME-HOUDÉ (JEAN). — Les effets physiologiques de la sparteïne sont-ils modifiés par sa transformation en base ammonium quaternaire?.....	749
DAVID (ROGER). — Essais de printanisation de diverses espèces de végétaux cultivés.....	118	DELWAULLE (M ^{lle} MARIE-LOUISE) et M. FÉLIX FRANÇOIS. — Contribution à l'étude des chlorobromures du titane tétravalent. Spectre Raman du chlorure, du bromure et des chlorobromures du titane tétravalent.....	173
DEBRÉ (ROBERT). — Voir <i>Ramon (Gaston) et divers</i>	635	— Spectre Raman des oxychlorobromures de phosphore.....	817
— Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. Charles Achard.....	100	DEMARQUAY (JEAN). — Nouvelle méthode pour l'étude de la dilatation des corps aux températures élevées. Dilatation du tungstène et du molybdène.....	81
DEDEBANT (GEORGES). — Voir <i>Bass (Jean), Georges Dedeabant et Philippe Wehrlé</i>	165	DEMAY (ANDRÉ). — Sur les grandes lignes de la tectonique antésthéphanienne du Massif Central.....	852
DEFAYE (M ^{lle} JEANNE). — Les phases de croissance chez <i>Helix aspersa</i> Müll.....	411	— Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Lucien Cayeux.....	836
— Forme de la croissance chez quelques Gastéropodes Hélicidés.....	476	DENAEYER (MARCEL-E.). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.....	676
DELAPORTE (PIERRE). — Vérification de l'efficacité d'une méthode d'analyse factorielle.....	212	DENJOY (ARNAUD). — Notice nécrologique sur Sir Joseph Larmor.....	541
DELAUNAY (ALBERT). — Voir <i>Pages (M^{lle} Jacqueline) et M. Albert Delaunay</i>	798	— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
DELAVALT (ROBERT). — Sur la formation des figures de corrosion par réaction irréversible, en particulier sur les micas.....	666	DERRIEN (YVES). — Voir <i>Roche (Jean) et Yves Derrien</i>	572
DELAY (M ^{lle} ANNIE). — Voir <i>Cauquil (M^{lle} Germaine), M^{lle} Annie Delay et M. Jean Lecomte</i>	879	DESCHIENS (ROBERT). — Sur les propriétés anthelminthiques de certains sels de métaux alcalins et alcalinoterreux.....	122
DELÉPINE (MARCEL). — Délégué aux Cérémonies commémoratives de la naissance d'Antoine Balland.....	73	DESLANDRES (HENRI). — Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des glucides et aussi de la catalyse.....	261
— Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207	— Membre de la Commission du prix Lalande.....	207
— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208	— Id. du prix Henry Wilde.....	209
— Id. des prix Lonchamp, Henry Wilde, Général Muteau des sciences physiques, Alexandre Darracq, Marie-Guido Triossi, fondation Aimé Berthé des sciences physiques.....	209	DESTOUCHES (JEAN-LOUIS). — Sur la théorie des forces nucléaires.....	302
DELGA (JEAN). — Voir <i>Bertrand Gabriel) et Jean Delga</i>	805	DESTOUCHES (M ^{me} JEAN-LOUIS), née PAULETTE FÉVRIER. — Rapports entre le calcul des problèmes et le calcul des propositions.....	484
DELOFFRE (GEORGES). — Sur la remise en état des terres inondées par l'eau de mer.....	255	— Une nouvelle preuve du caractère es-	
DELORME (JEAN). — Le présent et l'avenir des matières plastiques-			

MM.	Pages.	MM.	Pages.
sentiel de l'indéterminisme quantique.....	553	DUBOIS-FERRIERE (HENRI). — La maladie post-opératoire et le shock traumatique (imp.).....	676
— Sur l'impossibilité d'un retour au déterminisme en microphysique...	587	DUBOST (MAURICE). — Voir <i>Régnier (Jean)</i> , <i>Mlle Suzanne Lambin</i> et <i>M. Maurice Dubost</i>	465
DESTRIAU (GEORGES) et JOSEPH MATTLER. — Accroissement de conductibilité interne des cristaux dans l'électrophotoluminescence...	913	DUBRISAY (RENÉ) et GEORGES CHESSE. — Corrosion du cuivre par les solutions de chlorure de sodium...	707
DEVAUX (HENRI). — Les changements moléculaires des substances cristallisables étendues sur le mercure.	638	DUCHAUFOR (PHILIPPE). — Voir <i>Guinier (Philibert)</i>	269
DEVAUX (JEAN) et ANDRÉ GUINIER. — Sur l'analyse élémentaire des corps organiques par la mesure des coefficients d'absorption des rayons X.....	44	DUCLAUX (JACQUES). — Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207
DEYSSON (GUY). — Action simultanée du phényl-uréthane et de la colchicine sur les méristèmes radiculaires d' <i>Allium Cepa</i> L.....	367	DUCLAUX (JACQUES) et Mlle ANNE-MARIE BIGET. — Sur quelques liquides à forte dispersion.....	801
DOUBINGER (Mlle JEANNE). — Voir <i>Bergounioux (Frédéric-Marie)</i> et <i>Mlle Jeanne Doubinger</i>	609	DUFAY (JEAN). — Voir <i>Tcheng Mao Lin</i> et <i>Jean Dufay</i>	583, 682
DOUCET (Mlle JACQUELINE). — Influence de la température sur l'absorption ultraviolette des solutions de bromure de potassium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.....	196	DUFFIEUX (P.-MICHEL). — Sur une nouvelle évaluation du stigmatisme approché.....	846
DRACH (JULES). — Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébaud.....	206	— Sur une nouvelle évaluation de la distorsion et de la coma.....	911
— Id. des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.	206	DUFRAISSE (CHARLES) et GASTON AMIARD. — La constitution du pseudorubène.....	695
— Id. du prix Plumey.....	207	DUFRAISSE (CHARLES) et JEAN BAGET. — L'union labile de l'oxygène au carbone. Influence des cyclisations supplémentaires sur les arylanthracènes : photooxydation du phénylceroxène.....	47
— Id. du prix Montyon de statistique...	208	— Sur la préparation du phénylceroxène.....	148
— Id. du prix Petit d'Ormy des sciences mathématiques.....	208	DUFRESNOY (JACQUES). — Sur la correspondance des frontières dans la représentation conforme.....	189
DUBERTRET (LOUIS). — Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée (Délégation générale au Levant de la France combattante. Section géologique) (imp.).....	159	— Sur un théorème d'Ahlfors et son application à l'étude de la représentation conforme.....	424
— Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième (2 ^e édition) (id.) (imp.).....	159	DULAC (JACQUES). — Voir <i>Maume (Louis)</i> et <i>Jacques Dulac</i>	257
DUBOIS (GEORGES) et Mlle CAMILLE DUBOIS. — Histoire forestière flamandienne comparée de la Montagne de la Madeleine, des Bois Noirs et des Monts du Forez.....	534	DUMAZERT (CHRISTIAN) et RENÉ SENEQUIER. — Sur l'action des hypobromites alcalins sur le glycérogène.....	574
DUBOIS (Mlle GEORGES), née CAMILLE DROULEZ. — Voir <i>Dubois (Georges)</i> et <i>Mlle Camille Dubois</i> ...	534	DUMONT (PIERRE). — Voir <i>Colonge (Jean)</i> et <i>Pierre Dumont</i>	500
DUBOIS (JEAN). — Amplificateur à courant continu pour cellule à faible résistance d'isolement, ou à courant d'obscurité gênant.....	768	DUNOYER (LOUIS). — Sur la diffusion des atomes ou des molécules par une paroi de verre.....	520
		— Données numériques sur les propriétés optiques des miroirs aluminés...	686
		— Sur la densité optique des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation et l'épais-	

TABLE DES AUTEURS.

969

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Membre de la Commission adminis- trative de la fondation Carnegie en remplacement de M. <i>Émile</i> <i>Picard</i> , décédé.....	816		419
— Résistance électrique de couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation thermique.	907	DUSSEAU (Mlle ALINE). — Les effets de la tétraploïdie chez le Sorgho sucrier.....	96
DURAND (ÉMILE). — Sur les identités quadratiques de la théorie de Dirac.	517	DUVAL (CLÉMENT). — Voir <i>Duval</i> (Mme Clément) et M. Clément Duval.	115
DURAND-VIEL (GEORGES). — Notice nécrologique sur <i>Jules Richard</i> ...	413	DUVAL (Mme CLÉMENT), née RAY- MONDE TRICHÉ et M. CLÉMENT DUVAL. — Microdosages volumé- triques par la méthode électrodiffré- entielle.....	115
— Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207		
— Id. du prix Plumey.....	207		
— Id. du prix Alexandre Darracq.....	209		

E

ECK (JEAN-LOUIS). — Voir <i>Reboul</i> (<i>Georges</i>) et <i>Jean-Louis Eck</i>	868	d'équilibre, déversantes ou non, en série sur un canal d'amenée.....	513
EMBERGER (LOUIS). — Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants (Éléments de paléobotanique et de morphologie comparée). Préface de M. <i>Paul</i> <i>Bertrand</i> (imp.).....	548	— Vérification de la méthode D. F. ap- pliquée au calcul des chambres d'équilibre à section constante....	581
ÉPELBOIM (ISRAËL). — Étude de noyaux ferromagnétiques soumis à une induction sinusoïdale.....	651	ESCLANGON (ERNEST). — Sur les mou- vements propres des étoiles et la rotation de la galaxie.....	125
ERTAUD (ANDRÉ). — Voir <i>Magnan</i> (<i>Claude</i>), <i>Paul Chanson</i> et <i>André</i> <i>Ertaud</i>	770	— Membre de la Commission du prix Lalande.....	207
ESCANDE (LÉOPOLD). — Calcul des chambres d'équilibre multiples à section variable et à étranglement par la méthode D. F.....	35	— Id. du prix Henry Wilde.....	209
— Méthode générale de calcul des chambres d'équilibre déversantes (méthode D. F.).....	432	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Vito Volterra</i>	343
— Application de la méthode semi- graphique au calcul de <i>n</i> chambres		— Id. par la mort de M. <i>Tullio Levi- Civita</i>	706
		ESNAULT-PELTERIE (ROBERT). — — Membre de la Commission du prix Alexandre Darracq.....	206
		EULER (LEONHARD). — Œuvres, volu- me 5, première série (imp.).....	295

F

FABRY (CHARLES). — Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Asso- cié étranger vacante par la mort de Sir <i>J. J. Thomson</i>	158	— Id. du prix Plumey.....	207
— Membre de la Commission du prix Lalande.....	207	— Id. des prix François Hébert, Henri de Parvillé de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément Félix.....	207
		— Id. du prix Montyon de statistique...	208

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. du prix Saintour des sciences mathématiques.....	209	— Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.....	511
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Vito Volterra</i>	343	FERRAND (M ^{lle} JACQUELINE). — Nouvelle démonstration d'un théorème de M. Ostrowski.....	550
— Id. par la mort de M. <i>Tullio Levi-Civita</i>	706	— Extension d'une inégalité de M. Ahlfors.....	873
— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	900	FERRIÉ (GUSTAVE). — M. <i>Maurice Caullery</i> est délégué à la Cérémonie qui aura lieu au Champ de Mars, le 16 février 1945, pour le rétablissement sur son socle du buste du Général <i>Ferrié</i>	206
FAGE (LOUIS). — Membre de la Commission des fondation Savigny, prix Pouchard.....	207	FERRIER (RENÉ). — Sur quelques hydrogénations au moyen du dérivé aluminique du butanol-2...	460
— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207	FIESSINGER (NOËL). — Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Charles Achard</i>	100
— Id. du prix Jules Mahyer.....	209	FIÉVET (M ^{me} JEAN), née YVONNE GUINARD. — Voir <i>Fleury (Paul)</i> , <i>Gabriel Poirot</i> et M ^{me} <i>Jean Fiévet</i>	664
FALLOT (PAUL). — Le problème de Minorque.....	563	FIRMIN (LUCIEN) (et non AB.). — Voir <i>Cholley (André)</i> et <i>Lucien Firmin</i> ..	921
— Le problème de Gibraltar.....	611	FIRTION (FRIDOLIN). — Biostatistique des Diatomées et Chrysosptomatacées fossiles de deux tourbières du Cantal.....	787
— Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. <i>Charles Barrois</i>	124	FLEURY (PAUL), GABRIEL POIROT et M ^{me} JEAN FIEVET. — Sur l'oxydation de l'inositol par l'acide periodique.....	664
— Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. <i>Lucien Cayeux</i>	706	FOËX (MARC). — Étude de la conductibilité électrique des oxydes rares; cas des oxydes de lanthane, praséodyme, néodyme et samarium.....	359
— Présenté en première ligne.....	836	— Recherche, par voie dilatométrique, du polymorphisme des anhydrides molybdique et tungstique.....	917
— Obtient des suffrages.....	842	— Voir <i>Trombe (Félix)</i> , <i>Marc Foëx</i> et <i>Jacques Bardet</i>	691
FARDY (ALEXANDRE). — Voir <i>Hitier (Henri)</i> et <i>Alexandre Fardy</i>	120	FOSSE (RICHARD). — Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard..	207
FARDY (ALEXANDRE) et HENRI HITIER. — Formes amphidiploïdes du genre <i>Nicotiana</i> obtenues par l'action de la colchicine.....	251	— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac..	207
FARRAN (JACQUES). — Caractères optiques de quelques alliages d'aluminium.....	690	— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208
FAURE (JEAN-LOUIS). — Son remplacement dans la Section de Médecine et Chirurgie.....	723, 800, 807	— Id. du prix Marquet des sciences physiques.....	209
FAVRE (ALEXANDRE). — Aile d'avion, munie d'un volet hypersustentateur à paroi mobile.....	386	FOURNIER (MAURICE) et JEAN-JACQUES TRILLAT. — Erratum relatif au prénom de <i>Maurice Fournier</i> (219, 1944, p. 447).....	376
— Une nouvelle soufflerie aérodynamique; diffuseur à paroi mobile...	434		
FAYET (GASTON). — Membre de la Commission du prix Lalande.....	207		
FAYET (GASTON), JEAN CHAZY et JOSEPH PÉRÈS. — Le Calculateur mental Maurice Dagbert.....	577		
FELDMANN (JEAN) et M ^{me} GENEVIÈVE FELDMANN. — Sur le métabolisme du glycérol chez les Rhodophycées.....	469		
FELDMANN (M ^{me} JEAN), née GENEVIÈVE MAZOYER. — Voir <i>Feldmann (Jean)</i> et M ^{me} <i>Geneviève Feldmann</i>	469		

TABLE DES AUTEURS.

971

MM.	Pages.	MM.	Pages.
FOWLER (ALFRED). — M. Maurice Caullery annonce sa mort.....	261	FRILLEY (MARCEL) et TSIEN SAN TSIANG. — Le spectre L de fluorescence du RaD.....	797
FRANCK (CLAUDE). — Voir <i>Caujolle (Fernand)</i> , <i>Claude Franck</i> et <i>Robert Grandpierre</i>	625	FROLOW (VLADIMIR). — La répartition des valeurs classées du maximum annuel dans le bassin de la Seine, in <i>Cahier 4</i> , Commission du Bassin de la Seine (imp.).....	144
FRANÇOIS (FÉLIX). — Voir <i>Debvaulle (Mlle Marie-Louise)</i> et <i>M. Félix François</i>	173, 817		640
FRICKER (JEAN). — Voir <i>Calvet (Édouard)</i> , <i>Jean Fricker</i> et <i>Henri</i>			

G

GARABEDIAN (MEGUERDICH DER). — La sulfure-oxydase des Vertébrés supérieurs.....	373	GILLOD (JEAN). — Essai de dosage du vanadium dans les aciers par voie spectrophotométrique.....	400
GAUBERT (PAUL). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. <i>Charles Barrois</i>	124	GODINOT (CH.). — Voir <i>Tavernier (Louis)</i> et <i>Ch. Godinot</i>	420
GAUDRY (HUBERT). — Voir <i>Ribaud (Gustave)</i> et <i>Hubert Gaudry</i>	909	GOETTELMMANN (GEORGES). — Voir <i>Volmar (Yves)</i> et <i>Georges Goettelmann</i>	282
GAULT (HENRI) et K. W. HIONG. — Obtention de masses d'épuration des eaux dures à partir de la lignine technique, sous-produit de la saccharification du bois.....	608	GORIS (ALBERT) et HENRI CANAL. — Composition chimique de l'essence de racines du <i>Primula viscosa</i> Vill. — Composition chimique de l'essence de <i>Primula farinosa</i> L.....	790
GAUTHERET (ROGER). — Remarques sur la formation des méristèmes secondaires dans les tissus végétaux cultivés <i>in vitro</i>	54	GORODETZKY (SERGE). — Sur une nouvelle forme de la relation permettant d'obtenir la masse d'une particule par choc élastique.....	915
GENERMONT (MARCEL). — Voir <i>Société d'Émulation du Bourbonnais</i>	547	GOSSET (ANTONIN). — Son remplacement dans la Section de Médecine et Chirurgie..... 376, 378,	633
GENKIN (DIMITRI). — Errata relatifs à une précédente communication (t. 218, 1944, p. 394).....	800	GOURDONNEAU (Mlle MICHELINE). — Voir <i>Amiel (Jean)</i> , <i>Mlle Micheline Gourdonneau</i> et <i>M. René Vauthier</i>	402
GERBAULT (Mlle MARINETTE). — Voir <i>Olmer (Léon-Joseph)</i> et <i>Mlle Marinette Gerbault</i>	604	GOUTAREL (ROBERT). — Voir <i>Janot (Maurice-Marie)</i> et <i>Robert Goutarel</i>	617
GERMAIN (PAUL). — Définition des structures infinitésimales.....	344	GRAMONT (ARMAND DE). — Sur le phénomène de la <i>marque tournante</i>	416
— Sur le calcul numérique de certains opérateurs linéaires.....	765	— Membre de la Commission des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.....	206
GHELELOVITCH (SABBAS). — Étude statistique d'une ségrégation mendélienne.....	253	— Id. des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément Félix.....	207
— Variabilité de la production des phénotypes dans la ségrégation en F ₂ d'un croisement entre deux races de <i>Drosophila melanogaster</i>	338	— Id. du prix Henry Wilde.....	209
GIGNOUX (MAURICE). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de M. <i>Paul Sabatier</i> , décédé.....	579	GRANDJEAN (FRANÇOIS). — Membre de la Commission des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontan-	

MM.	Pages.	MM.	Pages.
nes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie...	207	— Notice nécrologique, par M. <i>Élie Cartan</i>	481
GRANDPIÈRE (ROBERT). — Voir <i>Caujolle (Fernand)</i> , <i>Claude Franck</i> et <i>Robert Grandpière</i>	625	GUINIER (ANDRÉ). — Chambre de diffraction de rayons X pour la détermination des textures cristallines.....	94
GRANGER (ROBERT). — Voir <i>Mousseron (Max)</i> et <i>Robert Granger</i> ..	529, 607	— Voir <i>Devaux (Jean)</i> et <i>André Guinier</i>	44
GRANIER (GEORGES). — Voir <i>Granier (Jean)</i> et <i>Georges Granier</i>	555	GUINIER (PHILIBERT). — Fait hommage du fascicule 1, Tome IX des « Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts »; renfermant la première partie, consacrée aux Conifères, du « Catalogue des espèces cultivées dans l'Arboretum des Barrès », exécuté, sous la direction de <i>René Rol</i> , par <i>Jean Pourtet</i> et <i>Philippe Duchaufour</i> , pour lequel il a rédigé une Préface.....	269
GRANIER (JEAN) et GEORGES GRANIER. — Action de courants alternatifs de fréquences élevées sur les semi-conducteurs liquides.	555	GUITER (HENRI). — Influence du pH sur la composition et l'aspect physique des molybdates d'ammonium.....	146
GRIDEL (HENRI). — Voir <i>Laurent (Jean)</i> et <i>Henri Gridel</i>	430	GUNTZ (AUGUSTE-ANTOINE). — Emploi du papier <i>ozalid</i> pour les enregistrements photographiques.....	113
GUÉRIN (HENRI). — Le problème de la réactivité des combustibles solides (imp.).....	189	GUTTON (CAMILLE). — Jubilé scientifique de M. <i>Camille Gutton</i> , célébré dans la salle des Congrès du Ministère des P. T. T. le 10 juin 1944 (imp.).....	484
GUILLAUME (FERNAND). — Voir <i>Mallemann (René de)</i> et <i>Fernand Guillaume</i>	142, 740	— Membre de la Commission des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément-Félix.....	207
GUILLET (LÉON). — Analyse un Ouvrage allemand paru pendant l'occupation: « Métal », de <i>Schenziger</i> , traduit par <i>Maurice Vincent</i> et <i>Edith Vincent</i>	294	GUYOMARD (LOUIS). — Sur le mode de contamination du Poirier par les conidies de <i>Venturia pirina</i> Aderhold.....	858
— Membre de la Commission de la fondation Aimé Berthé des sciences physiques.....	209	GUYOT (LUCIEN). — Étude biométrique de <i>Puccinia graminis</i> Persoon (Rouille noire des Graminées).	700
— Indique qu'il est saisi d'une protestation d'anciens Élèves de l'École Centrale relative à l'émission des billets de 300 francs. M. <i>Albert Pérard</i> appuie cette protestation.	837		
GUILLIERMOND (ALEXANDRE). — Membre de la Commission des prix Montagne, de Coigny, Carrière de botanique.....	207		
— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208		
— Id. de la fondation Millet-Ronssin....	209		
— M. <i>Élie Cartan</i> annonce sa mort.....	481		

H

HAAG (JULES). — Obtient des suffrages au scrutin pour l'élection d'un membre non résidant en remplacement de M. <i>Paul Sabatier</i> , décédé.	579	— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
HACKSPILL (LOUIS). — Son élection est approuvée.....	23	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Tullio Levi-Civita</i>	706
— Membre de la Commission du prix Alexandre Darracq.....	209		
HADAMARD (JACQUES). — Notice nécrologique sur <i>George David Birkhoff</i> .	719	HAÏSSINSKY (MOÏSE). — Sur la signification physique de la constante P	

TABLE DES AUTEURS.

973

MM.	Pages.	MM.	Pages.
dans l'équation électrochimique de Nernst.....	356	HEUBEL (JOSEPH). — Sur la précipitation de l'hydroxyde de zinc.....	280
HARDY (GODFREY HAROLD). — Élu correspondant pour la Section de Géométrie en remplacement de M. <i>Émile Cotton</i> , élu Membre non résidant.....	189	HEYMES (PIERRE). — Étude du frottement superficiel longitudinal sur un fil en régime turbulent.....	726
— Adresse ses remerciements.....	295	HIONG KI WEI. — Voir <i>Gault (Henri)</i> et <i>Hiong Ki Wei</i>	608
HARTMANN (HENRI). — Pose sa candidature à l'une des places vacantes dans la Section de Médecine et Chirurgie.....	74	— Voir <i>Hoï (Buu)</i> et <i>Hiong Ki Wei</i>	175
— Présenté en première ligne pour le remplacement de M. <i>Antonin Gosset</i>	376	— Voir <i>Hoï (Buu)</i> , <i>Hiong-Ki-Wei</i> et <i>René Royer</i>	50, 361
— Élu.....	378	HIRTZ (M ^{lle} MARIE-AGNÈS). — Voir <i>Boutaric (Augustin)</i> et M ^{lle} <i>Marie-Agnès Hirtz</i>	309
— Son élection est approuvée.....	633	HITIER (HENRI). — Voir <i>Fardy (Alexandre)</i> et <i>Henri Hitier</i>	251
HASSELMANN (MICHEL). — Absorption de molécules organiques pendant l'excitation de leur fluorescence.....	454	HITIER (HENRI) et ALEXANDRE FARDY. — Descendance d'espèces tétraploïdes et d'hybrides interspécifiques amphidiploïdes du genre <i>Nicotiana</i>	120
HAZARD (RENÉ), M ^{lle} ÉLISABETH CORTEGGIANI et JEAN CHEYMOL. — Différenciation par la novocaïne des effets dépresseurs de l'ésérine sur le cœur et de son action sensibilisante à l'acétylcholine.....	627	HOÏ (BUU) et PAUL CAGNIANT. — Sur l'addition du cyclohexène à quelques hydrocarbures aromatiques polycycliques.....	326
HEIM (ROGER). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Botanique, par la mort de M. <i>Marin Molliard</i>	672	— Arylation des esters de l'acide Δ ₂ -cyclopenténylacétique.....	744
— Obtient des suffrages.....	676	HOÏ (BUU) et HIONG-KI-WEI. — Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène.....	175
HEIM (M ^{me} ROGER), née PANCA EFTIMIU. — Sur les racines aériennes de <i>Phalænopsis Schilleriana</i> Rehb.....	365	HOÏ (BUU), HIONG-KI-WEI et RENÉ ROYER. — Dérivés nouveaux des benzophénarsazines.....	50
HÉNIN (STÉPHANE). — Voir <i>Aubert (Georges)</i> et <i>Stéphane Hénin</i>	330	— Sur des dérivés de la benzophénarsazine linéaire.....	361
HENRY LA BLANCHETAIS (M ^{lle} CHARLOTTE). — Préparation du cérium exempt de fer.....	313	HOREAU (ALAIN). — Méthode de dosage de l'iode dans les substances organiques.....	89
— Propriétés magnétiques du cérium sans fer.....	392	HOVASSE (RAYMOND). — Trois cas d'endosymbiose bactérienne chez des Ciliés Astomes commensaux de l'Oligochète <i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller).....	713
HERMAN (LOUIS). — Voir <i>Lejay (Pierre)</i> et <i>Louis Herman</i>	231	HUMBERT (HENRI). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Botanique, par la mort de M. <i>Marin Molliard</i>	672
HERMAN (M ^{me} LOUIS), née RENÉE MONTAGNE. — Spectre de recombinaison de la molécule d'azote.....	593	— Obtient des suffrages.....	676
— Détermination de la température par distribution d'intensité des bandes dans un système.....	878	HUOT DE LONGCHAMP (M ^{lle} MAR- THE). — Voir <i>Bouhet (Charles)</i> et M ^{lle} <i>Marthe Huot de Longchamp</i> ...	653

I

IKENO (SEITIRÔ). — Son remplacement comme correspondant pour la Section de Botanique.....	676	IVANOFF (ALEXANDRE). — Sur la sensibilité différentielle de la rétine aux sources ponctuelles.....	620
---	-----	--	-----

J

MM.	Pages.	MM.	Pages.
JACOB (CHARLES). — Membre de la Commission des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207
— Id. des prix Marquet, Général Muteau, fondation Aimé Berthé des sciences physiques, Millet-Ronssin.	209	— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac.	207
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419	— Id. du prix Parkin.....	208
JACQUET (FERNAND). — Voir <i>Lacroix (Alfred)</i>	377	— Id. des prix Lonchampt, Laura Mounier de Saridakis.....	209
JACQUINOT (PIERRE). — Voir <i>Brochard (Jean)</i> , <i>Pierre Jacquinot</i> et <i>Philippe Pluvinage</i>	38	JOLIBOIS (PIERRE). — Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard...	207
JÆGER (PAUL). — Épanouissement et pollinisation de la fleur du Baobab.....	369	— Membre de la Commission du prix Le Conté.....	900
— Observations sur la fleur du <i>Pistia Stratiotes L.</i>	467	JOLIOT (FRÉDÉRIC). — Membre de la Commission des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément-Félix.....	207
JANIN (JOSEPH). — Nouveau système de bandes de la molécule d'azote...	218	JOLLY (JUSTIN). — Membre de la Commission des prix Louise Darraeq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
JANOT (MAURICE-MARIE) et ROBERT GOUTAREL. — La corynanthidine, quatrième alcaloïde cristallisé isolé des écorces de <i>Pseudocinchona africana</i> Aug. Chév.....	617	— Id. des prix Montyon de physiologie Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208
JAUBERT (GEORGE-F.). — Le problème de la dessiccation de grandes masses d'air pour l'essai en altitude des moteurs d'avions.....	305	— Id. du prix Laura Mounier de Saridakis.....	209
JAVILLIER (MAURICE). — Notice nécrologique sur <i>Maurice Nicloux</i> ...	153	JONCKHEERE (ROBERT). — Sur la découverte de 3200 étoiles doubles.	680
— Délégué aux Cérémonies commémoratives de la naissance d' <i>Antoine Balland</i>	73	JOYET-LAVERGNE (PHILIPPE). — Sur les conditions d'utilisation de divers sucres (glucose, galactose et lévulose) dans la respiration cellulaire.....	893
— Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix		JULIA (GASTON). — Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
		— Id. des prix Bordin, Petit d'Ormoy des sciences mathématiques.....	208
		— Id. du prix Charles Dupin.....	209
		— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Vito Volterra</i> ...	343

K

KAHAN (THÉO). — Cavités électromagnétiques oscillantes semi-transparentes.....	496	KAHANE (ERNEST) et M ^{lle} JEANNE LÉVY. — Sur les principes choliniques du lait et sur leur réparti-	
--	-----	---	--

TABLE DES AUTEURS.

975

MM.	Pages.	MM.	Pages.
tion entre les globules gras et le plasma.....	97	KRASNER (MARC). — Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupes d'inertie et de ramification; théorie extrinsèque de la ramification.....	28
KANTZER (Mlle DENISE). — Recherches sur les ferrimétaphosphates...	661	— <i>Errata</i>	716
KASTLER (ALFRED). — <i>Erratum</i> relatif à une précédente communication (t. 219, 1944, p. 168).....	68	— Id. : différent et discriminant; théorie intrinsèque de la ramification...	761
— Voir <i>Bacchus</i> (Pierre) et <i>Alfred Kastler</i>	398	— <i>Errata</i> relatifs à de précédentes communications (t. 219, 1944, pp. 345, 474 et 539).....	260
KHOUVINE (Mme YVONNE) et Mlle Cécile STORA. — Caractères cristallographiques du glucose diéthylmercaptal, de l'éthylthiogluco-side, des bromure et iodure de triméthylammonium du (I)-tétracétylglucoside et de l' α .d-glucoseptulose.....	328	KRAVTCHEKNO (JULIEN). — Sur une extension des régimes à la Poiseuille.....	647
KLING (ANDRÉ). — Demande l'ouverture d'un pli cacheté contenant une Note : Procédé propre à diminuer les risques encourus au cours de l'ouverture et de l'étude d'engins explosifs.....	294	KÜHNER (ROBERT). — Nouvelles recherches sur les divisions nucléaires dans la baside et les spores des Agaricales.....	618
— Publication de ce pli cacheté.....	458	KWAL (BERNARD). — La Mécanique multi-ondulatoire.....	844
KOBER (HERMANN). — Sur les séries de Fourier.....	763	— Le principe fondamental de la Mécanique ondulatoire relativiste et la théorie des corpuscules limites.....	905
KRAPIVINE (ALEXANDRE). — Voir <i>Sanfourche</i> (Adrien-André) et <i>Alexandre Krapivine</i>	784	KY FAN. — Généralisations du théorème de M. Khintchine sur la validité de la loi des grands nombres pour les suites stationnaires de variables aléatoires.....	102

L

LABORDE (JEAN). — Introduction à la géométrie des sphéroïdes; géométrie à deux dimensions sur une surface, in fascicule I de « La géométrie des sphéroïdes à l'usage des ingénieurs géographes » (imp.).....	900	la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir J. J. Thomson..	158
LACAZE (JEAN). — Sur la correction de fuite, dans les mesures de conductibilité de l'air.....	533	— Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207
— Mesure du rapport de deux faibles capacités à l'aide d'une bigrille-électromètre.....	876	— Id. des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207
LACHAMPT (FÉLIX). — Relation entre le renversement des émulsions et les changements de phases des savons.....	46, 317	— Id. des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207
LACROIX (ALFRED). — Fait hommage des « Nouvelles observations sur les Fulgurites du Sahara » ouvrage complété d'après les Notes de <i>Fernand Jacquet</i>	377	— Id. des prix Montagne, de Coigny, Carrière de botanique.....	207
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à		— Id. des prix Nicolas Zvorikine, Lac...	207
		— Id. des fondation Savigny, prix Pouchard.....	207
		— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207
		— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dus-	

MM.	Pages.	MM.	Pages.
gate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207	La Charlonie de physique, fondation Clément-Félix.....	207
— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208	— Id. du prix Le Conte.....	900
— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208	LAPICQUE (Louis). — Répartition par échelons des poids encéphaliques relatifs chez les Vertébrés...	131
— Id. du prix Montyon de statistique...	208	— Notice nécrologique sur <i>André Paillet</i>	205
— Id. des prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences, Henri de Parville d'ouvrages de sciences, médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.....	208	— Membre de la Commission des prix Nicolas Zvorikine, Lac.....	207
— Id. des fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, M ^{me} Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Charles de Mosenthal, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.	208	— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207
— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208	— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207
— Id. des prix Lallemant, Le Conte, Parkin.....	208	— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
— Id. des prix Jules Mahyer, Lonchamp, Henry Wilde, Marquet, Général Muteau des sciences physiques, Alexandre Darracq, Laura Mounier de Saridakis, Marie-Guido Triossi des sciences physiques, fondations Aimé Berthé des sciences physiques, Millet-Ronssin, Villemot.....	209	— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Tullio Levi-Civita</i>	706	— Id. des prix Lallemant, Parkin.....	208
— Membre de la Commission du prix Le Conte.....	909	— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Vito Volterra</i> ...	343
LAMBERT (ALEXIS). — Sur la transgression sénonienne dans la région tellienne du département d'Alger..	406	LARMOR (Sir JOSEPH). — M. <i>Maurice Caullery</i> annonce sa mort.....	261
LAMBERT (ARMAND). — Présenté en seconde ligne pour le poste de Directeur de l'Observatoire de Paris.....	420	— Notice nécrologique, par M. <i>Arnaud Denjoy</i>	541
LAMBIN (M ^{lle} SUZANNE). — Voir <i>Régnier (Jean)</i> , M ^{lle} <i>Suzanne Lambin</i> et M. <i>Maurice Dubost</i>	465	LAROCHE (CLAUDE). — Voir <i>Binet (Léon)</i> , <i>Daniel Bargeton</i> et <i>Claude Laroche</i>	840
LAMURE (JULES). — Sulfate basique de nickel.....	601	LAUBRY (CHARLES). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Charles Achard</i>	100
LANGERON (MAURICE). — Précis de mycologie (imp.).....	676	— Élu.....	101
LANGEVIN (PAUL). — Membre de la Commission des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de		— Son élection est approuvée.....	229
		— Membre de la Commission des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret...	207
		LAURENT (JEAN) et HENRI GRIDEL. — Sur le transport du sable sous l'influence de la houle.....	430
		LAUSSEDAT (AIME). — Voir <i>Société d'Émulation du Bourbonnais</i>	547
		LA VALLÉE-POUSSIN (CHARLES DE). — Élu Associé étranger en remplacement de M. <i>Edmond Beecher Wilson</i> , décédé.....	101
		— Son élection est approuvée.....	261
		— Adresse ses remerciements.....	270
		LAVOLLAY (JEAN) et JEAN SEVESTRE. — Action positive de l'acide ascorbique sur la résistance	

TABLE DES AUTEURS.

977

MM.	Pages.	MM.	Pages.
vasculaire du Cobaye normal et du Cobaye scorbutique.....	472	LEFEBVRE (HENRI) et ÉMILE LEVAS.	
LEBEAU (PAUL). — Fait hommage d'un Ouvrage de M. <i>Henri Guérin</i> : « Le problème de la réactivité des combustibles solides », dont il a écrit la Préface.....	189	— Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène en présence de fluorure de bore.....	782
— Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard.....	207	— Id. des phénols et des éthers-oxydes phénoliques par le cyclohexène en présence de fluorure de bore....	826
LE BLAN (LOUIS). — Possibilité de comparer des flux lumineux non modulés au moyen d'une cellule photoélectrique, à multiplicateur d'électrons, suivi d'un amplificateur de tensions alternatives.....	394	LEGRAND (JEAN-JACQUES). — Sur une coaptation nouvelle connexe de l'appareil copulateur de certains Oniscoïdes supérieurs.....	535
LEBLANC (MAURICE). — Voir <i>Ribaud (Gustave) et Maurice Leblanc</i>	732	LEGRAS (JEAN). — Contribution à la théorie de la surface portante.....	298
LEBLOND (CLAUDE). — Voir <i>Ulrich (Roger) et Claude Leblond</i>	565	LEJAY (PIERRE). — Générateur d'impulsions à bords abrupts; application à l'étude de l'évolution des spectres de gaz après excitation....	69
LE BRAS (JEAN) et PIERRE THIRION. — Sur les coefficients d'adhérence du caoutchouc.....	812	LEJAY (PIERRE) et LOUIS HERMAN. — Processus d'excitation des gaz rares par les courants entretenus de haute fréquence.....	231
LECLAINCHE (EMMANUEL). — Désignés pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'Institut National Agronomique.....	134	LELONG (MARCEL). — Voir <i>Ramon (Gaston) et divers</i>	635
— Membre de la Commission des prix Nicolas Zvorikine, Lac.....	207	LEMAN (ALFRED). — Adresse un rapport sur l'emploi d'une subvention Villemot accordée en 1942.....	579
— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207	LEMOIGNE (MAURICE). — Voir <i>Bertrand (Gabriel) et Maurice Lemoigne</i>	721
— Id. du prix Lonchamp.....	209	LEMOYNE (Mlle SIMONE). — Voir <i>Belval (Henri) et Mlle Simone Lemoigne</i>	58
LECOLAZET (ROBERT). — Sur un montage électrométrique pour la mesure du champ électrique terrestre par une méthode de zéro.....	531	LENNUIER (ROBERT). — Erratum relatif à une précédente communication (t. 219, 1944, p. 514).....	152
LECOMTE (JEAN). — Spectres d'absorption infrarouges de cétones aliphatiques et leur interprétation.	41	LENORMANT (HENRI). — Spectre infrarouge des tissus animaux entre 4 et 8 μ	711
— Voir <i>Cauquil (Mlle Germaine), Mlle Annie Delay et M. Jean Lecomte</i>	879	LERICHE (RENÉ). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Antonin Gosset</i>	376
LECOQ (RAOUL), PAUL CHAUCHARD et Mlle HENRIETTE MAZOUÉ. — Thérapeutiques non spécifiques du scorbut expérimental appliquées au Cobaye et variations correspondantes de la teneur de ses organes en acide ascorbique.....	631	— Obtient des suffrages.....	378
— Effet correcteur, exercé sur les troubles neuro-musculaires, des carences acidotiques par une carence alcalotique surajoutée....	860	— Présenté en première ligne pour le remplacement de M. <i>Jean-Louis Faure</i>	800
LECUIR (RENÉ). — Conditions de l'agglomération céramique.....	318	— Élu.....	807
		LEROUX (Mlle HÉLÈNE). — Voir <i>Bezssonoff (Nicolas) et Mlle Hélène Leroux</i>	709
		LEROY (ROBERT) et ÉMILE VAULOT. — Sur la proportion d'appels perdus dans certains systèmes de téléphonie automatique ne permettant dans un groupe d'organes qu'une seule exploration simultanée.....	84
		LESIEUR (LÉONCE). — Tangentes principales d'une variété à p dimen-	

MM.	Pages.	MM.	Pages.
sions dans l'espace à n dimensions.	724	et Chirurgie, par la mort de	
— Deux effets de la rationalité de l'intersection de p hyperquadriques d'un espace E_n à n dimensions.....	808	M. Charles Achard.....	100
LESPIEAU (ROBERT). — Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard...	207	LOÈVE (MICHEL). — Sur la covariance d'une fonction aléatoire.....	295
LEVAS (ÉMILE). — Voir <i>Lefebvre (Henri)</i> et <i>Émile Levas</i>	782, 826	— Analyse harmonique générale d'une fonction aléatoire.....	380
LÉVI (ROBERT). — Étude générale du flambement des arcs.....	436	LOISEL (JULIEN). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942.....	640
— Observation sur cette note par M. Albert Caquot.....	438	LONGI (YVES). — Voir <i>Chrétien (André)</i> et <i>Yves Longi</i>	746
LEVI-CIVITA (TULLIO). — Son remplacement parmi les associés étrangers.....	706, 870	LOVE (AUGUSTUS EDWARD HOUGH). — M. Maurice Caullery annonce sa mort.....	261
LÉVY (M ^{lle} JEANNE). — Interprétation des différences de toxicité par les voies intramusculaire et intraveineuse.....	538	— Notice nécrologique, par M. Henri Villat.....	293
— Voir <i>Kahane (Ernest)</i> et M ^{lle} Jeanne Lévy.....	97	LUGEON (MAURICE). — Fait hommage de la feuille « Diablerets », n° 19 de l'Atlas géologique de la Suisse, dont le levé géologique a été établi par lui, et de la Notice explicative qu'il a rédigée pour cette Carte.....	900
LÉVY (PAUL). — Sur le mouvement brownien dépendant de plusieurs paramètres.....	420	— Élu Associé étranger en remplacement de M. Waldemar Christofer Brøgger, décédé.....	101
L'HERMITE (ROBERT). — La déformation plastique visqueuse des solides.....	439	— Adresse ses remerciements.....	234
LIÉNARD (ALFRED). — Problème de la dérivée oblique dans la théorie du potentiel.....	427	— Son élection est approuvée.....	261
LITTAYE (GUY). — Sur la pulvérisation des liquides visqueux.....	429	LUMIÈRE (LOUIS). — Nouveau dispositif permettant le rétablissement de la vision normale, sans accroissement dimensionnel des images rétiniennes dans la compensation de l'aphakie résultant de l'opération uni- ou bilatérale de la cataracte.....	71
LLENSA (GEORGES). — Sur les propriétés de dérivabilité relatives à certains systèmes triples orthogonaux.....	297	LYOT (BERNARD). — Membre de la Commission du prix Lalande.....	207
LOEPER (MAURICE). — Présenté en troisième ligne pour la place vacante, dans la Section de Médecine		— Obtient des suffrages au scrutin pour la formation d'une liste de candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Paris.....	420

M

MAGNAN (CLAUDE), PAUL CHANSON et ANDRÉ ERTAUD. — Sur un projet de microscope protonique...	770	Molliard.....	672
MAGROU (JOSEPH). — Sur un Hyphomycète nouveau de la famille des Stilbacées, <i>Sphaerocybe concentrica</i> n. g., n. sp.....	220	— Élu.....	676
— Présenté en première ligne pour la place vacante, dans la Section de Botanique, par la mort de M. Marin		— Son élection est approuvée.....	897
		MAHN (M ^{lle} FRANÇOISE). — Voir <i>Trombe (Félix)</i> et M ^{lle} Françoise Mahn.....	778
		MAIGE (ALBERT). — Son remplacement comme correspondant pour la Section de Botanique.....	706
		MAINIL (JEAN). — Voir <i>Arragon (Georges)</i> et divers.....	65

TABLE DES AUTEURS.

979

MM.	Pages.	MM.	Pages.
MAIRE (RENÉ). — Obtient un suffrage au scrutin pour l'élection d'un membre non résidant en remplacement de M. <i>Paul Sabatier</i> , décédé.	579	du flux lumineux dans les compteurs de photons.....	171
MAITRE (VICTOR). — Répartition des masses dans un amas globulaire d'étoiles.....	444	— Voir <i>Destriau (Georges)</i> et <i>Joseph Mattler</i>	913
MALAVARD (LUCIEN) et RAYMOND SIESTRUNCK. — Sur l'étude, par expérimentation analogique, de grilles rectilignes de profils quelconques.....	810	MAUGUIN (CHARLES). — Membre de la Commission des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément-Félix.....	207
MALLEMANN (RENÉ DE) et FERNAND GUILLAUME. — Variations des rotations magnétiques des ions nitrique et sulfurique dans les solutions aqueuses.....	142	— Id. des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207
— Rotativité moléculaire des acides organiques et de leurs sels.....	740	— Id. de la fondation Millet-Ronssin... ..	209
MANIGAULT (PIERRE). — Voir <i>Cotton (Aimé)</i> et <i>Pierre Manigault</i>	480	— Id. du prix Le Conte.....	900
MANSON (NUMA). — Sur la variation de la pression totale des gaz au sein d'une flamme stationnaire.....	734	MAUME (LOUIS) et JACQUES DULAC. — Nouvelles observations, par l'analyse périodique de la feuille, sur l'absorption de la potasse chez quelques plantes pérennes.....	257
MARGERIE (EMMANUEL DE). — Membre de la Commission des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	MAURAIN (CHARLES). — Sur la température moyenne de l'air au voisinage du sol dans la région parisienne.....	673
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. <i>Tullio Levi-Civita</i>	706	— Fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1944.....	13
MARTIN (Mlle MONIQUE) et M. RAYMOND DAUDEL. — Sur la détermination des formules des corps par radio-microdosage.....	659	— Allocution prononcée en quittant la Présidence.....	18
MARTINOT-LAGARDE (ANDRÉ). — Sur l'amortissement optimum d'un appareil de mesure pendulaire.....	591	— Membre de la Commission du prix Lalande.....	207
MARTONNE (EMMANUEL DE). — Sur les zones structurales du relief terrestre; la zone tropicale.....	758	— Id. des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207
— Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207	— Id. des prix François Hébert, Henri de Parville de physique, Hughes, Paul Marguerite de La Charlonie de physique, fondation Clément Félix.....	207
— Id. du prix Plumey.....	207	— Id. du prix Montyon de statistique... ..	208
— Id. des prix Montagne, de Coigny, Carrière de botanique.....	207	— Id. du prix Bordin des sciences mathématiques.....	208
MARTY (CLAUDE). — Voir <i>Tsien San Tsiang</i> et <i>Claude Marty</i>	688	— Id. du prix Saintour des sciences mathématiques.....	209
MATHOU (Mlle THÉRÈSE). — Voir <i>Vincent (Daniel)</i> et <i>Mlle Thérèse Mathou</i>	474	MAZET (ROBERT). — Sur la détermination de l'axe élastique d'une aile d'avion.....	643
MATTLER (JOSEPH). — Variation du nombre de décharges en fonction		MAZOUÉ (Mme LOUIS), née HENRIETTE GIRY. — Voir <i>Lecoq (Raoul)</i> , <i>Paul Chauchard</i> et <i>Mme Henriette Mazoué</i>	631, 860
		MEITÈS (MARC). — Les cellules végétales fixées par le formol conservent certaines propriétés physiologiques.....	698

MM.	Pages.	MM.	Pages.
MENCHIKOFF (NICOLAS). — Les grès de Serdelès (Fezzan).....	292	Directeur de l'Observatoire de Paris.....	270
MERCIER (GUSTAVE-L.-S.). — La vie de l'Univers. Essai de philosophie scientifique (imp.).....	511	— 1 ^o M. André Danjon; 2 ^o M. Armand Lambert lui seront présentés.....	420
MERRILL (ELMER DREW). — Élu Correspondant pour la Section de Botanique en remplacement de M. Seiitirô Ikéno, décédé.....	676	— Adresse ampliation du décret, approuvant l'élection de M. Albert Michel-Lévy en remplacement de M. Charles Barrois.....	481
MICHAUD (ROGER). — Sur l'absence de la raie de grand espacement dans les diagrammes aux rayons X des fractions argileuses de certains sols.....	53	— Id. de M. Niels Bohr, en remplacement de Sir J. J. Thomson.....	577
MICHEL (PIERRE). — Voir <i>Chateau (Marcel)</i> et <i>Pierre Michel</i>	848	— Id. de M. Henri Hartmann, en remplacement de M. Antonin Gosset.....	633
MICHEL-LÉVY (ALBERT). — Présenté en première ligne pour la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Charles Barrois.....	124	— Id. de Sir Charles Sherrington, en remplacement de M. Vito Volterra.....	753
— Élu.....	134	— Id. de M. Pol Bouin, en remplacement de M. Paul Sabatier, et de M. Joseph Magrou, en remplacement de M. Martin Molliard.....	897
— Son élection est approuvée.....	481	MOLLIARD (MARIN). — Son remplacement dans la Section de Botanique.....	672, 675, 897
— Membre de la Commission des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet, de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	MONDOR (HENRI). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. Jean-Louis Faure.....	800
MINEUR (HENRI). — Sur la détermination de l'apex au moyen des mouvements propres.....	80	MONOD (THÉODORE). — Sur la lecture des écailles de quelques Poissons du Niger moyen.....	629
— Étude théorique du mouvement séculaire de l'axe terrestre.....	107	— Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.....	420
— Le zéro de la relation période-luminosité et la constante d'absorption dans l'espace interstellaire.....	445	MONTEL (PAUL). — Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
MINISTRE DE L'AGRICULTURE. — Invite l'Académie à lui présenter une liste de quatre de ses Membres, parmi lesquels deux seront choisis pour faire partie du Conseil de Perfectionnement de l'Institut National Agronomique.....	74	— Id. du prix Montyon de statistique.....	208
— MM. Emmanuel Leclainche et Auguste Chevalier lui seront présentés.....	134	— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208
MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. — Adresse ampliation du décret, approuvant l'élection de M. Louis Hackspill en remplacement de M. Joseph Bethenod.....	22	— Id. des prix Bordin, Petit d'Ormoy des sciences mathématiques.....	208
— Id. de M. Charles Laubry en remplacement de M. Charles Achard.....	229	— Id. des prix Saintour des sciences mathématiques, Charles Dupin.....	209
— Id. de M. Charles de la Vallée Poussin, en remplacement de M. Edmund Beecher Wilson, et de M. Maurice Lugeon, en remplacement de M. Waldemar Christofer Brögger.....	261	— Id. du prix Le Conte.....	900
— Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste de		MORETTE (Mlle CÉCILE). — Sur les ensembles de fonctions d'ondes possibles correspondant à des conditions initiales mal déterminées.....	487
		MOURGUE (MARCEL). — Voir <i>Roche (Jean)</i> et <i>Marcel Mourgue</i>	834
		MOUSSERON (MAX). — Sur quelques acides éthers alicycliques.....	462
		MOUSSERON (MAX) et ROBERT GRANGER. — Activité optique d'amides dérivés du méthyl-3 amino-1 cyclohexane et d'acides acycliques.....	529
		— Id. et d'acides cycliques.....	607
		MOUSSU (GUSTAVE). — Membre de la Commission des prix Nicolas Zvôrikine, Lac.....	207

TABLE DES AUTEURS.

981

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. du prix Lonchamppt.....	209	combustion des poudres colloï-	
MURAOUR (HENRI) et GABRIEL AU-		dales en fonction de la tempéra-	
NIS. — Variation de la vivacité de		ture.....	198

N

NAGEOTTE (EUGÈNE). — Sur un sys-		cristallins.....	814
tème de bobines produisant un		NGUYEN VAN THOAI. — Voir <i>Roche</i>	
champ magnétique uniforme pour		(<i>Jean</i>), <i>Nguyen van Thoai</i> et	
une chambre de Wilson étroite...	557	Mlle <i>Éliane Danzas</i>	895
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES		NICLOUX (MAURICE). — M. <i>Maurice</i>	
OF WASHINGTON. — Voir		<i>Caullery</i> annonce sa mort.....	101
<i>Roosevelt (Franklin Delano)</i>	541	— Notice nécrologique par M. <i>Maurice</i>	
NÉEL (LOUIS). — Loi d'approche à la		<i>Javillier</i>	152
saturation d'un ferromagnétique		NICOLLE (JACQUES). — Étude de la	
à aimantation spontanée irrégu-		croissance de certaines Bactéries	
lière.....	738	sur les antipodes optiques de l'ala-	
— Loi d'approche à la saturation et		nine.....	862
forces magnétocristallines dans les		NORMANT (HENRI). — Voir <i>Paul</i>	
ferromagnétiques cubiques poly-		(<i>Raymond</i>) et <i>Henri Normant</i>	919

O

OLMER (LÉON-JOSEPH) et Mlle MARI-		la Section de Minéralogie, par la	
NETTE GERBAULT. — Acétates		mort de M. <i>Lucien Cayeux</i>	836
acides et acétates hydratés de		LOUDART (ADALBERT). — Écoulement	
cadmium.....	604	plan supersonique. Ondes de choc	
ORCEL (JEAN). — Présenté en seconde		obliques et ondes de détente.....	274
ligne pour la place vacante, dans			

P

PAGES (Mlle JACQUELINE) et M. AL-		PÂRIS (RENÉ). — Voir <i>Charmetant</i>	
BERT DELAUNAY. — L'influence		(<i>Claude</i>) et <i>René Pâris</i>	314
du milieu sur l'intensité du méta-		PARODI (MAURICE). — Sur les pro-	
bolisme respiratoire des polynu-		priétés de deux équations intégrales.	76
cléaires.....	798	— Équations intégrales de Fredholm	
PAÏC (MLADEN). — Micro-radioanalyse.		et calcul symbolique.....	870
Application à la diffusion des		PARODI (MAURICE) et FRANÇOIS RAY-	
métaux.....	559	MOND. — Propagation sur une	
PAILLOT (ANDRÉ). — M. <i>Maurice</i>		ligne polyphasée symétrique quel-	
<i>Caullery</i> annonce sa mort.....	101	conque.....	522
— Notice nécrologique, par M. <i>Louis</i>		PATY (MARCEL). — Activation du	
<i>Lapicque</i>	205	nickel de Raney par la soude.....	827
PALLU (LOUIS). — Voir <i>Chabrier</i>		— Voir <i>Quelet (Raymond)</i> et <i>Marcel</i>	
(<i>Pierre</i>) et <i>Louis Pallu</i>	363	<i>Paty</i>	324

MM.	Pages.	MM.	Pages.
PAUL (RAYMOND) et HENRI NORMANT. — Sur une nouvelle méthode de préparation de l'hydroxyméthyl-2-coumaranne et de ses dérivés.....	919	Bouveret.....	207
PAULIAN (RENAUD). — Coléoptères scarabéides de l'Indochine. Première partie, in Faune de l'Empire français, III (imp.).....	900	— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damoquette, Fanny Emden.....	208
PELOU (ANDRÉ). — Voir <i>Busnel (René-Guy)</i> , <i>André Pelou</i> et <i>Michel Polonovski</i>	185	— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208
PELSENEER (PAUL). — M. Maurice Caullery annonce sa mort.....	719	— Id. du Grand Prix des sciences physiques.....	208
— Notice nécrologique, par M. Maurice Caullery.....	753	— Id. du prix Lallemand.....	208
PÉRARD (ALBERT). — Fait hommage d'un exemplaire spécial du « Rapport sur la Révision des étalons des Bureaux de vérification des Poids et Mesures, en 1930-1935 ».....	547	— Id. des prix Jules Mahyer, Marquet, Général Muteau des sciences physiques, Laura Mounier de Saridakis, fondation Aimé Berthé, Millet-Ronssin.....	209
— Voir <i>Guillet (Léon)</i>	837	PERRIER (GEORGES). — Membre de la Commission du prix Lalande.....	207
PÉREAU (M ^{lle} AIMÉE). — Sur la décroissance du Tech à Prats-de-Mollo.....	854	— Id. des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207
PÉRÈS (JOSEPH). — Voir <i>Fayet (Gaston)</i> , <i>Jean Chazy</i> et <i>Joseph Pérès</i>	577	— Id. du prix Plumey.....	207
— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206	— Id. du prix Le Conte.....	900
— Id. des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perin.....	206	PERRIER (JOSEPH). — Voir <i>Chevenard (Pierre)</i> , <i>Charles Crussard</i> et <i>Joseph Perrier</i>	678
— Id. du prix Plumey.....	207	PETIAU (GÉRARD). — Sur les états de masse des corpuscules de spin quelconque.....	489
— Id. du prix Petit d'Ormoys des sciences mathématiques.....	208	PETIT (JEAN). — Sur l'éthanolysé de l'huile de Lin polymérisée thermiquement.....	829
— Id. du prix Alexandre Darracq.....	209	— Voir <i>Champetier (Georges)</i> et <i>Jean Petit</i>	748
— Membre de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. Paul Sabatier.....	419	PICARD (ÉMILE). — Son remplacement dans la Commission administrative de la fondation Carnegie.....	419
PÉREZ (CHARLES). — Membre de la Commission des prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux de géographie.....	207	PIVETEAU (JEAN). — Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Lucien Cayeux.....	836
— Id. des prix Cuvier de minéralogie et géologie, Fontannes, fondation Edmond Hébert, prix André-C. Bonnet de paléontologie, Carrière de minéralogie.....	207	PLANTEFOL (LUCIEN). — Sur les phénomènes de migration dans les tubercules de Carotte conservés.....	224
— Id. des prix Montagne, de Coincy, Carrière de botanique.....	207	— Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Botanique, par la mort de M. Marin Molliard.....	672
— Id. des fondation Savigny, prix Pouchard.....	207	— Obtient des suffrages.....	676
— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207	PLANTEFOL (LUCIEN) et ROGER BUVAT. — Étude des néoformations produites sur des tubercules de Carotte privés de bourgeons.....	614
— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-		PLUVINAGE (PHILIPPE). — Voir <i>Brochard (Jean)</i> , <i>Pierre Jacquinet</i> et <i>Philippe Pluvinage</i>	38, 311
		POIROT (GABRIEL). — Voir <i>Fleury (Paul)</i> , <i>Gabriel Poirot</i> et <i>M^{me} Jean Fievet</i>	664
		POLONOVSKI (MICHEL). — Voir <i>Busnel (René-Guy)</i> , <i>André Pelou</i> et <i>Michel Polonovski</i>	185

TABLE DES AUTEURS.

983

MM.	Pages.	MM.	Pages.
POPE (Sir WILLIAM). — Son remplacement comme correspondant pour la Section de Chimie	579	remercements pour la distinction accordée à ses travaux en 1943.	870
PORTEVIN (ALBERT). — Fait hommage d'un Ouvrage : « Étude sur les aspects des pellicules d'oxydation anodique formées sur l'aluminium et ses alliages. Relations avec les modes d'élaboration et de transformation de ces alliages » dont il a écrit la Préface	900	POURTET (JEAN). — Voir <i>Guinier (Philibert)</i>	269
PORTIER (PAUL). — Membre de la Commission des fondation Savigny, prix Pouchard	207	PRAT (HENRI). — Voir <i>Calvet (Edouard), Jean Fricker et Henri Prat</i>	797
— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret	207	PRAT (HENRI) et ÉDOUARD CALVET. — Sur le dégagement de chaleur manifesté au cours des premiers stades de l'hydratation des graines.	117
— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden	208	— Influence de la déshydratation préalable des graines sur la thermogénèse de germination	226
— Id. du prix Lallemand	208	— Sur les éléments des courbes de thermogénèse utilisables pour caractériser l'état et les propriétés spécifiques des semences	470
— Id. du prix Laura Mounier de Sardakis	209	PRUNIER (FERNAND). — Sur une propriété des mouvements de certains astres du système solaire	515
POSSEL (RENÉ DE). — Adresse des		PULLMAN (M ^{me} BERNARD), née ALBERTE BUCHER. — Voir <i>Daudel (Raymond)</i> et M ^{me} <i>Alberte Pullman</i>	599, 888

Q

QUEFFELEC (JEAN). — Sur la fréquence entretenue par un oscillateur à lampe	194	QUENEY (PAUL). — Sur la structure des perturbations tropicales africaines et des perturbations atmosphériques en général	504
QUELET (RAYMOND) et MARGEL PATTY. — Sur la transposition des acides dérivés de l'acide bromo-5 salicylique par hydrolyse de leurs sels de bromomagnésium	324	QUESNEL (GEORGES). — Voir <i>Vayon (Gustave), M^{lle} Colette Chaminade</i> et M. <i>Georges Quesnel</i>	850

R

RACINE (JEAN). — Contribution à l'étude des propriétés réductrices du méthane	823	leur sur la teneur du lait en germes microbiens	635
RAMBAUD (RENÉ). — Action du carbonate de sodium sur le chloro-4 hydroxy-3 butanoate d'éthyle. Mécanisme de la réaction	742	RAMON (GASTON) et RÉMY RICHOU. — Sur la culture des champignons inférieurs et en particulier du <i>Penicillium notatum</i> sur des milieux formolés	265
RAMON (GASTON), ROBERT DEBRÉ, RÉMY RICHOU, MARCEL LELONG et M ^{me} ÉDITH BARGETON. — Action synergique de l'aldéhyde formique et de la cha-		— Les filtrats de culture du <i>B. subtilis</i> ou de germes analogues et leurs propriétés altérantes et destructives à l'égard des toxines bactériennes	802

MM.	Pages.	MM.	Pages.
RAMON (GASTON), RÉMY RICHOU et PAUL RAMON. — Sur la production des ferments protéolytiques très actifs par le <i>B. subtilis</i> , cultivé dans des milieux à base de matières végétales. Conséquences	341	tion sur l'évolution adiabatique d'un mélange gazeux à haute température	909
— Sur les propriétés diastasiques bactériostatiques, bactéricides et bactériolytiques des filtrats de culture du <i>Bacille subtilis</i>	543	RIBAUD (GUSTAVE) et MAURICE LEBLANC. — Mesure du facteur de forme dans les fours à induction sans noyau magnétique	732
RAMON (PAUL). — Voir <i>Ramon (Gaston)</i> , <i>Rémy Richou</i> et <i>Paul Ramon</i>	341, 543	RICHARD (JULES). — M. <i>Maurice Caulery</i> annonce sa mort	157
RANGIER (MAURICE). — Étapes intermédiaires au cours de la transformation de l'adrénaline en adrénochrome	246	— Notice nécrologique, par M. <i>Georges Durand-Viel</i>	413
RAYMOND (FRANÇOIS). — Remarques sur la théorie des réseaux électriques polyphasés symétriques	450	RICHOU (RÉMY). — Voir <i>Ramon (Gaston)</i> et <i>Rémy Richou</i>	265, 802
— Remarques sur les équations de propagation sur une ligne quelconque	497	— Voir <i>Ramon (Gaston)</i> , <i>Rémy Richou</i> et <i>Paul Ramon</i>	341, 543
— Voir <i>Parodi (Maurice)</i> et <i>François Raymond</i>	522	— Voir <i>Ramon (Gaston)</i> et <i>divers</i>	635
RAYMOND-HAMET. — Yohimbol et cinchonamine	670	RISSER (RENÉ). — Sur l'équation caractéristique des surfaces de probabilités	31
— Sur la rutécarpine	792	— Sur le mode de tirages contagieux	210
REBOUL (GEORGES). — Sur la formation des petits ions, des gros ions et des centres neutres	267	RIVAUD (JACQUES). — Problème linéaire de l'élasticité dans le cas où les forces sont connues à la frontière	645
REBOUL (GEORGES) et JEAN-LOUIS ECK. — Sur la mesure des mobilités des porteurs de charge dans les semi-conducteurs réels	868	RIVIÈRE (CHARLES). — Voir <i>Vavon (Gustave)</i> et <i>Charles Rivière</i>	286
REBOUL (GEORGES) et GÉRARD VASSAILS. — Sur une anomalie présentée par les gaz soumis à l'action de diverses causes ionisantes	157	RIZET (GEORGES). — Sur le comportement des hétérochromosomes à la méiose, chez les mâles tétraploïdes de <i>Melandrium album</i>	222
REEB (GEORGES). — Sur les variétés intégrales des champs d'éléments de contact complètement intégrables	236	ROCH (MAURICE). — Préparation de deux séries de dérivés hydroxyméthyléniques de cétones aromatiques du type $C^6H^5 \cdot CH^2 \cdot CO \cdot CH^3$	322
REFAIT (ROBERT). — Voir <i>Arragon (Georges)</i> et <i>divers</i>	65	ROCHE (JEAN) et YVES DERRIEN. — Insolubilité des englobulines dans l'eau et délipidation du sérum	572
RÉGNIER (JEAN), Mlle SUZANNE LAMBIN et M. MAURICE DUBOST. — Influence de l'acide salifiant l'ammoniaque sur les qualités nutritives ou toxiques des sels ammoniacaux vis-à-vis de deux <i>Aspergillacées</i>	465	ROCHE (JEAN) et MARCEL MOURGUE. — Sur la formation directe d'urée à partir de l'édestine et sur l'état des groupements guanidiques de l'arginine dans les protéines	834
REICH (WILHELM). — From the orgone and cancer Research Laboratory. Experimental orgone therapy of the Cancer Biopathy (1937-1943), in <i>International journal of Sex-Economy and Orgone-research</i> , 7, n° 1 (imp.)	900	ROCHE (JEAN), NGUYEN VAN THOAI et Mlle ÉLIANE DANZAS. — Sur la synthèse enzymatique des pyrophosphates minéraux <i>in vitro</i>	895
RIBAUD (GUSTAVE) et HUBERT GAUDRY. — Influence de la dissocia-		RODE (PAUL). — Mammifères ongulés de l'Afrique noire, deuxième partie : Tragulidés, Giraffidés, Suidés (Phacochère, Potamochère, Hylochère), Hippopotamidés (Hippopotame), Périssodactyles (Rhinocéros), Proboscidiens (Éléphant), Hyraciens (Damans), in <i>Faune de l'Empire français</i> , t. II (imp.)	102
		ROL (RENÉ). — Voir <i>Guinier (Philibert)</i>	269
		ROMANOVSKI (VSEVOLOD). — Adresse une Note : « Contribution à l'étude de la perméabilité des sédiments meubles »	152

TABLE DES AUTEURS.

985

MM.	Pages.	MM.	Pages.
ROOSEVELT (FRANKLIN DELAÑE). — A l'occasion de sa mort l'Académie décide, sur la proposition de M. le Président, d'adresser un message à la <i>National Academy of Sciences</i> de Washington.....	541	ROUSSEAU (PIERRE). — Histoire de la Science (imp.).....	640
ROQUES (MAURICE). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942....	344	ROUSSEL (ANDRÉ). — Sur le nombre des nombres premiers inférieurs à une valeur donnée.....	842
ROUBAUD (ÉMILE). — L'hybridation, facteur régulateur naturel des populations culicidiennes chez le Moustique commun.....	229	ROUSSY (GUSTAVE). — Membre de la Commission des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207
— Membre de la Commission des fondations Savigny, prix Pouchard....	207	— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
— Id. de la fondation Millet-Ronssin..	209	ROYAL SOCIETY OF LONDON.—The record for the promotion of natural knowledge. Fourth Edition (imp.).	706
		ROYER (RENÉ). — Voir <i>Hoï (Buu)</i> , <i>Hiong Ki-Wei</i> et <i>René Royer</i> ... 50,	361

S

SABATIER (PAUL). — Son remplacement parmi les Membres non résidents.....	419, 579, 897	SCHRIBAU (ÉMILE). — Membre de la Commission des prix Nicolas Zvorikine, Lac.....	207
SAGUI (CORNELIO L.). — Forêts et Déserts (imp.).....	28	SEE (THOMAS J. J.). — Wave Theory. Discovery of the cause of gravitation. Volume V, parties 1 et 2; volumes VI, VII et VIII (polycopié).....	723
SAMUEL (PIERRE). — Sur les tenseurs à dérivées covariantes nulles.....	160	SÉGUY (EUGÈNE). — Insectes ectoparasites (Mallophages, anoploures siphonaptères), in Faune de France, t. 43 (imp.).....	102
SANFOURCHE (ADRIEN-ANDRÉ) et ALEXANDRE KRAPIVINE. — Sur la formation des gisements d'apatite.....	784	SELZER (ÉDOUARD). — Irrégularités permanentes des courants supposés continus.....	169
SARTORY (AUGUSTE), RENÉ SARTORY et BENOIT WÜRTZ. — Sur quelques variations morphologiques provoquées chez <i>Sterigmatozystis nigra</i> Cramer 1859.....	56	SENEQUIER (RENÉ). — Voir <i>Duma-zert (Christian)</i> et <i>René Senequier</i> .	574
SARTORY (RENÉ). — Voir <i>Sartory (Auguste)</i> , <i>René Sartory</i> et <i>Benoît Würtz</i>	56	SERGEANT (EDMOND). — Membre de la Commission des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207
SAULNIER (ADRIEN) et JEAN-JACQUES TRILLAT. — Radiographie par électrons secondaires.....	772	— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208
SAUTEREY (ROBERT). — Étude de la solution de formaldéhyde.....	595	SERRUYS (MAX). — Sur les oscillations de pression consécutives à la détonation dans les moteurs à explosion.....	350
SCHATZMAN (ÉVRY). — Sur une application d'une formule de statistique classique à la théorie des naines blanches.....	493	SERVANT (ROGER). — Remarques sur les dispersions rotatoires naturelle et magnétique du limonène.....	279
— Sur la température des naines blanches.....	516	SERVICE AMÉRICAIN D'INFORMATION. — Adresse une collection de papiers dactylographiés et imprimés, exposant les travaux scientifiques faits en Amérique pendant ces dernières années.....	547
SCHENZIGER. — Voir <i>Guillet (Léon)</i> ...	294		
SCHLESINGER (FRANK). — M. <i>Maurice Caullery</i> , annonce sa mort....	577		
SCHNEIDER (EUGÈNE). — Le charbon, son histoire, son destin (imp.).....	378		
SCHREIBER (JEAN). — Sur le seminitrile phénylméthylloxysuccinique (phénylméthylmalique).....	200		

MM.	Pages.	MM.	Pages.
SEURAT (GASTON). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1942....	808	sance d'Antoine Balland. MM. Marcel Delépine et Maurice Javillier sont désignés.....	73
SEVESTRE (JEAN). — Voir <i>Lavollay (Jean)</i> et <i>Jean Sevestre</i>	472	SOCIÉTÉ D'HISTOIRE DE LA PHARMACIE. — Voir <i>Société de Pharmacie de Paris</i> et <i>Société d'Histoire de la Pharmacie</i>	73
SHAPLEY (HARLOW). — Adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux en 1940....	706	SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES. — Adresse, pour la population civile française, plusieurs centaines de kilos de produits pharmaceutiques.	28
SHERRINGTON (Sir CHARLES). — Élu Associé étranger en remplacement de M. Vito Volterra, décédé.....	511	— Adresse, par l'intermédiaire de son Président, M. Georges Tiercy, le volume 5, première série, des <i>Œuvres d'Euler</i>	295
— Adresse ses remerciements.....	723	SOUÈGES (RENÉ). — Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez l' <i>Apium inundatum</i> Reichb.....	128
SIESTRUNCK (RAYMOND). — Voir <i>Malayard (Lucien)</i> et <i>Raymond Siestrunk</i>	810	— Id. des Balsaminacées. Développement de l'embryon chez l' <i>Impatiens Balfourii</i> Hook.....	837
SILBER (ROBERT). — Sur une mécanique des fluides compressibles basée sur le remplacement du champ de vitesse par le champ de quantité de mouvement.....	162	— Id. des Polémoniacées. Développement de l'embryon chez le <i>Polemonium pauciflorum</i> Wats.....	897
SIVADJIAN (JOSEPH). — Le photon et le principe d'équivalence.....	523	— Membre de la Commission des prix Montagne, de Coigny, Carrière de botanique.....	267
SLANSKY (SERGE). — Sur quelques points du problème des deux corps en Mécanique ondulatoire relativiste.....	491	— Id. du prix Marie-Guido Triossi des sciences physiques.....	209
— La généralisation des transformations de Lorentz et les équations d'ondes d'un système.....	551	STORA (Mlle CÉCILE). — Sur le dimorphisme des bromures des esters de la choline.....	248
SMARZEWSKA (Mlle KLAUDIA). — Voir <i>Champetier (Georges)</i> et Mlle <i>Klaudia Smarzewska</i>	891	— Voir <i>Khouvine (Mme Yvonne)</i> et Mlle <i>Cécile Stora</i>	328
SOCIÉTÉ D'ÉMULATION DU BOURBONNAIS. — Adresse le texte du discours prononcé en son nom par M. Marcel Genérmont, à Moulins-sur-Allier, le 8 avril 1945, pour la remise en place du monument élevé en 1911 à la mémoire d'Aimé Laussedat.....	547	STOYKO (NICOLAS). — Sur la variation de la vitesse apparente des ondes courtes.....	139
SOCIÉTÉ DE PHARMACIE DE PARIS et SOCIÉTÉ D'HISTOIRE DE LA PHARMACIE. — Invitent l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qui auront lieu à la Faculté de Pharmacie, le 7 février 1945, pour commémorer le centenaire de la nais-		— Sur la réfraction latérale dans la détermination de l'heure à l'Observatoire de Paris.....	442
		— Sur la détermination des termes du jour sidéral dans l'attraction luni-solaire par l'observation des pendules à gravité.....	668

T

TAVERNIER (LOUIS) et CH. GODINOT. — Traitement chirurgical de l'arthrite sèche de la hanche, suivi de travaux de la clinique orthopédique de la Faculté de Lyon (imp.).....	420	— Les raies interdites du fer doublement et simplement ionisé dans le spectre de la nébuleuse d'Orion.	583
TCHENG MAO LIN et JEAN DUFAY.		— Sur le spectre de la nébuleuse d'Orion.	682
		TCHOUBAR (Mlle BIANCA). — Voir <i>Chabrier (Pierre)</i> et Mlle <i>Bianca Tchoubar</i>	284, 780

TABLE DES MATIÈRES.

987

MM.	Pages.	MM.	Pages.
TERMIER (HENRI) et M ^{me} GENEVIÈVE		Tchihatchef, prix Binoux de géo-	
TERMIER. — Caractères généraux du massif granito-dioritique du Tichka (Maroc)	249	graphie	207
— Le problème du diorite et des roches qui lui sont associées dans le massif du Tichka	288	— Id. du prix Plumey	207
TERMIER (M ^{me} HENRI), née GENEVIÈVE DELPEY. — Voir <i>Termier (Henri)</i> et M ^{me} Geneviève Termier	249, 288	TRÉHIN (ROBERT). — Absorption du sulfate de nickel $\text{SO}_4 \text{Ni}$, $6 \text{H}_2\text{O}$ quadratique dans le proche ultraviolet	40
TERRIEN (JEAN). — Sur la transmission des monochromateurs	140	— Pléochroïsme du sulfate de nickel dans le proche ultraviolet	85
TESZNER (STANISLAS). — Sur le mécanisme d'amorçage des étincelles	307, 390	TRIBALAT (M ^{lle} SUZANNE). — Sur la valence V du rhénium	881
THÉBAULT (VICTOR). — Sphères de Taylor du tétraèdre	104	TRICHÉ (HENRI). — L'électrométrie et la représentation ionique. Application aux liaisons éthylenique et acétylénique et au noyau aromatique	527
— Voir <i>Bouvaist (Robert)</i> et <i>Victor Thébault</i>	32	TRILLAT (JEAN-JACQUES). — Sur l'étude des mélanges soufre-caoutchouc par microradiographie	456
THIBAUDET (M ^{lle} GENEVIÈVE). — Chromatographie et mésomérie : du calciférol au tachystérol	751	— Voir <i>Fournier (Maurice)</i> et <i>Jean-Jacques Trillat</i>	376
THIELEMANS (LOUIS). — Sur l'évaluation de certaines intégrales définies	422	— Voir <i>Saulnier (Adrien)</i> et <i>Jean-Jacques Trillat</i>	772
THIRION (PIERRE). — Voir <i>Le Bras (Jean)</i> et <i>Pierre Thirion</i>	812	TROMBE (FÉLIX). — Sur l'isolement du dysprosium métallique	603
THOMSON (Sir JOSEPH JOHN). — Son remplacement parmi les Associés étrangers	158, 270, 577	TROMBE (FÉLIX), MARC FOEX et JACQUES BARDET. — Sur le graphite spectrographiquement pur	691
TIERCY (GEORGES). — Voir <i>Société Helvétique des sciences naturelles</i>	295	TROMBE (FÉLIX) et M ^{lle} FRANÇOISE MAHN. — Préparation électrolytique et dissociation thermique d'alliages magnésium-cadmium-praséodyme, magnésium-cadmium-samarium et magnésium-cadmium-yttrium	778
TIFFENEAU (MARC). — Membre de la Commission des prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Émile Jungfleisch, fondation Charles-Adam Girard	207	TSATSAS (GEORGES). — Sur les deux acides isomères β -butyl-tert. cinamiques	662
— Id. des prix Lallemand, Parkin	208	— Sur un nouveau cas de transposition moléculaire dans la série phénylhydraçrylique. Formation d'une γ -lactone	889
— Id. du prix Marie-Guido Triossi des sciences physiques	209	TSIEN SAN TSIANG. — Voir <i>Frilley (Marcel)</i> et <i>Tsien San Tsiang</i>	144
— M. <i>Maurice Caullery</i> annonce sa mort	717	TSIEN SAN TSIANG et CLAUDE MARTY. — Sur les photoélectrons des rayons γ de RaD	688
— Notice nécrologique, par M. <i>Maurice Caullery</i>	717		
TILHO (JEAN). — Membre de la Commission des prix Gay, fondation			

U

ULRICH (ROGER) et CLAUDE LEBLOND. — Sur l'état de l'eau dans les tissus végétaux progressivement refroidis	565
UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE. — Comité national fran-	

çais, Section d'Hydrologie scientifique. Commission du Bassin de la Seine, Cahier n° 4 : La répartition des valeurs classées du maximum annuel dans le Bassin de la Seine, par <i>Vladimir Frolov</i> (imp.)	640
--	-----

V

MM.	Pages.	MM.	Pages.
VAN CAMPO (M ^{me} ROGER), née MADELEINE DUPLAÑ. — Observations sur une analyse de pollen atmosphérique.....	856	tème formé de deux corpuscules de Dirac.....	494
VASSAILS (GÉRARD). — Voir <i>Reboul (Georges)</i> et <i>Gérard Vassails</i>	157	VIAUD (LOUIS). — Sur le coefficient de résistance d'un cylindre circulaire d'envergure infinie dans un écoulement turbulent rapide.....	167
VAUCOULEURS (GÉRARD DE). — Sur les variations saisonnières observées à la surface de la planète Mars en 1939 et leurs lois de propagation. — Sur l'origine des erreurs locales et les inégalités d'épaisseur des couches sensibles : étude photométrique, interférentielle et microscopique..	388	VIGNAL (JEAN). — Évaluation de la précision d'un nivellement par le procédé des droites moyennes.....	276
— Détermination de la pression atmosphérique sur la planète Mars par photométrie visuelle.....	452	— Compensation d'un réseau de nivellements.....	352
VAULOT (ÉMILE). — Voir <i>Leroy (Robert)</i> et <i>Émile Vaulot</i>	903	— Étude des mouvements du sol au moyen de nivellements de précision.....	585
VAUTHIER (RENÉ). — Voir <i>Amiel (Jean)</i> , <i>Mlle Micheline Gourdonneau</i> et <i>M. René Vauthier</i>	84	— Altération des ondes transmises dans un médimarmètre, due à l'entraînement d'eau par la sonde.....	648
VAYON (GUSTAVE), Mlle COLETTE CHAMINADE et M. GEORGES QUESNEL. — Action du bromure de benzyle sur les magnésiens.....	402	VILLAT (HENRI). — Notice nécrologique sur <i>Augustus Edward Hough Love</i>	293
VAYON (GUSTAVE) et CHARLES RIVIÈRE. — Action du formiate, du chloroformiate et du carbonate d'éthyle sur le magnésien du chlorhydrate de pinène.....	850	— Membre de la Commission des prix Carrière de mathématiques, Victor Thébault.....	206
VELU (HENRI). — Voir <i>Arragon (Georges)</i> et <i>divers</i>	286	— Id. des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.....	206
VERNADSKY (VLADIMIR). — M. <i>Maurice Caullery</i> annonce sa mort....	65	— Id. du prix Plumey.....	207
VERNOTTE (PIERRE). — Application pratique de la loi de la convection naturelle; pourquoi l'expérience semblait vérifier la loi approchée classique.....	541	— Id. du prix Binoux d'histoire et philosophie des sciences.....	208
— Les phénomènes de convection dont sont le siège les thermomètres à mercure.....	354	— Id. des prix Bordin, Petit d'Ormoy des sciences mathématiques.....	208
VESSIOT (ERNEST). — Membre de la Commission des prix Montyon, Henri de Parville de mécanique, Pierson-Perrin.....	447	— Id. des prix Saintour des sciences mathématiques, Charles Dupin....	209
— Id. du prix Plumey.....	206	VINCENT (CLOVIS). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. <i>Jean-Louis Faure</i>	723
VIARD (Mlle JEANNINE). — Sur la théorie relativiste du nucléon et l'interprétation du spin isotopique.	207	— Présenté en seconde ligne.....	800
— Expression générale des opérateurs fondamentaux attachés à un sys-	300	— Obtient des suffrages.....	807
		VINCENT (DANIEL) et Mlle THÉRÈSE MATHOU. — Action inhibitrice du Buis (<i>Buxus Sempervirens</i> L. et <i>Buxus balearica</i> Willd) sur la cholinestérase du sérum.....	474
		VINCENT (ÉDITH). — Voir <i>Vincent (Maurice)</i> et <i>Edith Vincent</i>	294
		VINCENT (HYACINTHE). — Membre de la Commission des fondation Savigny, prix Pouchard.....	207
		— Id. du prix André-C. Bonnet d'anthropologie.....	207

TABLE DES AUTEURS.

989

MM.	Pages.	MM.	Pages.
— Id. des prix Montyon de médecine et chirurgie, Barbier, Bréant, Dugate, Bellion, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.....	207	Berthé des sciences physiques.....	209
— Id. des prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis.....	208	VINCENT (MAURICE) et EDITH VINCENT.— Traduction d'un ouvrage de Schenziger : Métal.....	294
— Id. des prix Montyon de physiologie, Martin-Damourette, Fanny Emden.....	208	VIOLLET (ROGER). — Sur un nouvel effet photographique.....	396
— Id. du prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences.....	208	VISCONTINI (MAX). — Action de l'acide nitreux sur le glycolle et sur les polypeptides du glycolle..	832
— Id. des prix Lallemand, Parkin.....	208	VOLMAR (YVES) et GEORGES GÖETTEL-MANN. — Sur quelques complexes antimoniphenoliques.....	282
— Id. des prix Général Muteau des sciences physiques, Laura Mounier de Saridakis, fondation Aimé		VOLTERRA (VITO). — Son remplacement parmi les Associés étrangers.....	343, 511, 753

W

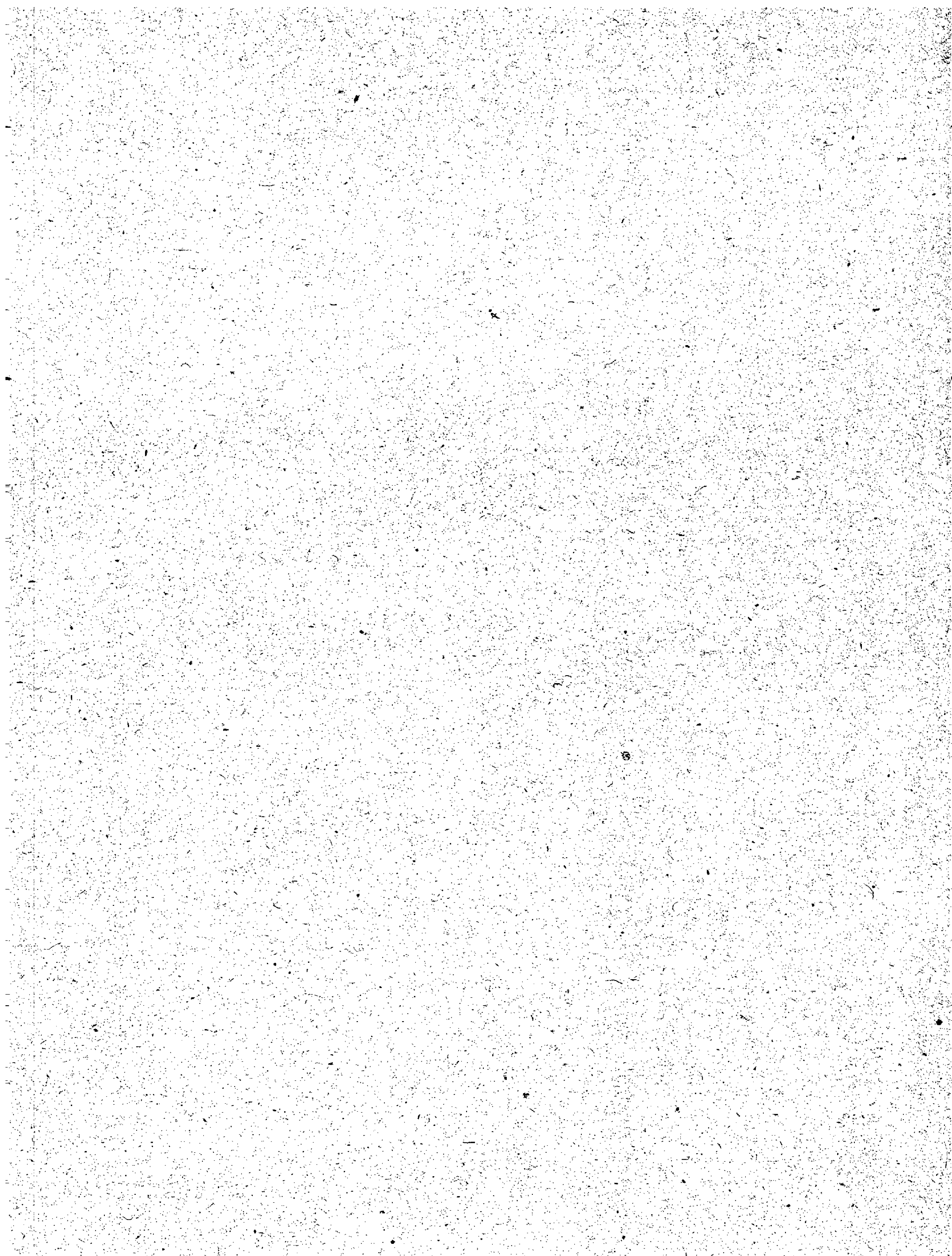
WAKSMAN (SELMAN A.). — Fait hommage de son Ouvrage « Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances ».....	900	par le sodium en présence d'eau....	606
WAUTIER (JACQUES). — La membrane biologique des filtres à sable submergé. Membrane de printemps,...	371	WILSON (EDMOND BEECHER). — Son remplacement parmi les Associés étrangers.....	101, 261
— Structure et propriétés d'ensemble du dépôt organominéral des filtres à sable submergé.....	478	WINTREBERT (PAUL). — Membre de la Commission des fondation Savigny, prix Pouchard.....	207
— Constitution chimique du dépôt organominéral des filtres à sable submergé.....	571	WORMSER (GUY). — Sur les nombres premiers représentables par des polynômes du second degré.....	159
WEHRLÉ (PHILIPPE). — Voir Bass (Jean), Georges Dedebant et Philippe Wehrlé.....	165	WURTZ (BENOÎT). — Voir Sartory (Auguste), René Sartory et Benoît Würtz.....	56
WEINBERG (M ^{lle} DAGMAR). — Une expérience de contrôle des méthodes d'analyse factorielle.....	214	WYART (JEAN). — Action de l'eau et de solutions potassiques agissant, sous pression, sur les différentes formes de silice.....	830
WIEMANN (JOSEPH). — Obtention de cétoles dans la réduction d'un mélange d'une cétole et d'un ester		— Présenté en seconde ligne pour la place vacante, dans la Section de Minéralogie, par la mort de M. Lucien Cayeux.....	836

Y

YADOFF (OLEG). — De l'amélioration des mesures de hautes tensions au moyen des éclateurs à sphères munis de disques égalisateurs de		champs.....	37
		— Un dispositif à lecture électrique directe de mesures des tensions entre deux sphères.....	216

Z

ZIÉGLÉ (LOUIS). — États cytoplasmiques chez un Thécamœbien, la		<i>Criptodiffugia oviformis</i> Pén : l'ectoplasme au contact des surfaces..	336
--	--	--	-----



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
128566-48. Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

